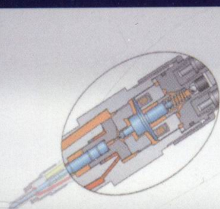
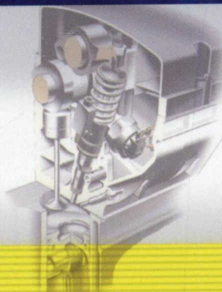
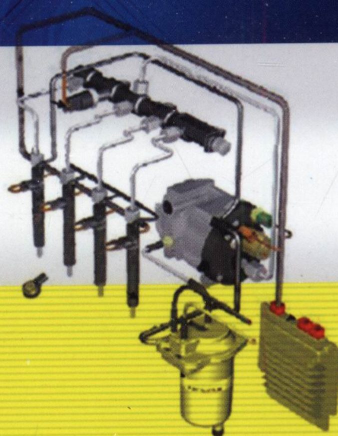
汽车柴油机电控系统

原理与检修500问

吴文琳○主编

维修知识、操作技能轻松掌握
自学成就专业维修技师梦想

- 维修方法、技巧速查速用
- 69例典型故障检修实例
- 30款柴油发动机电控系统电路图




机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

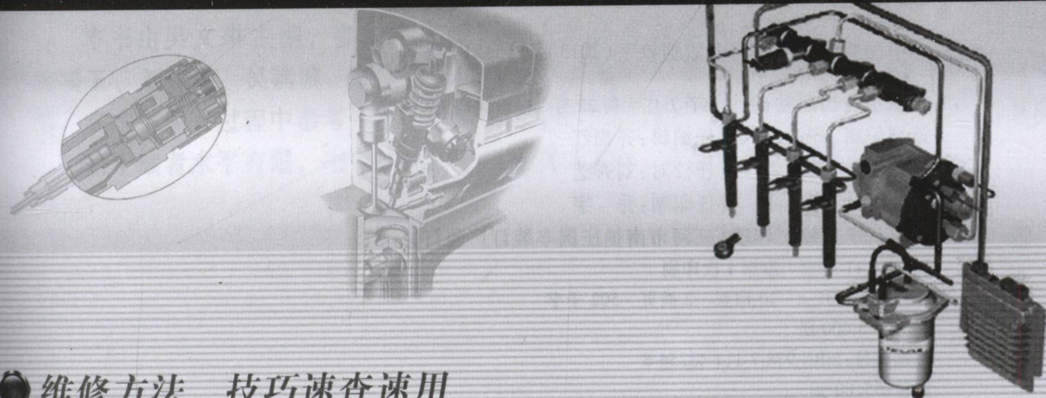
VISIT…

LANZAROTE
Caliente.com

汽车柴油机电控系统
原理与检修500问

吴文琳◎主编

维修知识、操作技能轻松掌握
自学成就专业维修技师梦想



- 维修方法、技巧速查速用
- 69例典型故障检修实例
- 30款柴油发动机电控系统电路图



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书从柴油机的使用与维修的实际出发，采用问答的形式较系统地介绍了柴油机电控系统的结构原理与维修，重点介绍了柴油机电控系统及各种传感器的故障诊断与维修方法和技巧。全书主要包括概述、柴油机电控燃油系统、柴油机电控系统中的传感器、电控柴油机排气净化系统、柴油机的其他电控系统、柴油机电控系统维修、柴油机电控系统故障诊断与排除、柴油机电控系统典型故障检修实例分析和电控柴油发动机的电路图与识读九大部分500个独立的小问题。这些问答既相对独立，又相互关联；读者既可结合实际选读或查阅，即学即用，得到解决问题的方法和技巧，也可系统地学习提高。

书中精选了69例柴油机电控系统典型故障检修实例和38款柴油车发动机电控系统电路图，方便读者查阅和使用。

本书内容丰富，通俗易懂，图文并茂，实用性较强，可供广大汽车修理工和技术人员学习使用，也可作为大中专院校相关专业师生和汽车维修培训学校的教材或参考书。

图书在版编目（CIP）数据

汽车柴油机电控系统原理与检修500问/吴文琳主编. —北京：机械工业出版社，2013.6

ISBN 978-7-111-43254-8

Ⅰ.①汽…　Ⅱ.①吴…　Ⅲ.①汽车－柴油机－电气控制系统－问题解答　Ⅳ.①U472.43－44

中国版本图书馆CIP数据核字（2013）第156214号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号　邮政编码100037）
策划编辑：齐福江　责任编辑：齐福江
版式设计：霍永明　责任校对：刘秀芝
封面设计：陈　沛　责任印制：乔　宇
北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）
2013年11月第1版第1次印刷
184mm×260mm · 20印张 · 2插页 · 502千字
0 001—3 000册
标准书号：ISBN 978-7-111-43254-8
定价：55.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社服务中心：(010)88361066	教材网：http://www.cmpedu.com
销售一部：(010)68326294	机工官网：http://www.cmpbook.com
销售二部：(010)88379649	机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：(010)88379203	**封面无防伪标均为盗版**



前　言

近几年来，由于电子控制技术的迅速发展，使柴油机从结构、功能、原理，直到故障检测与维修都发生了很大变化。为了适应柴油机电子控制技术发展的需要，满足广大柴油机维修工的迫切需求，能较快地掌握柴油机电控技术的维修技能，我们编写了这本《汽车柴油机电控系统原理与检修500问》。

本书从柴油机的使用者与维修者的实际出发，在内容上力求简明实用，通俗易懂，采用问答的形式较系统地介绍了柴油机电控系统的结构原理与维修，重点介绍了柴油机电控系统及各种传感器的故障诊断与维修方法和技巧。全书主要包括概述、柴油机电控燃油系统、柴油机电控系统中的传感器、电控柴油机排气净化系统、柴油机的其他电控系统、柴油机电控系统维修、柴油机电控系统故障诊断与排除、柴油机电控系统典型故障检修实例分析和电控柴油发动机的电路图与识读九大部分500个独立的小问题。这些问答既相对独立，又相互关联；读者既可结合实际选读或查阅，即学即用，得到解决问题的方法和技巧，也可系统地学习提高。

书中精选了69例柴油机电控系统典型故障检修实例和38款柴油车发动机电控系统电路原理图，方便读者查阅和使用。

本书内容丰富，通俗易懂，图文并茂，实用性较强，可供广大汽车修理工和技术人员学习使用，也可作为大中专院校相关专业师生和汽车维修培训学校的教材或参考书。

本书由吴文琳主编，参加本书编写的人员还有林国洪、林清国、陈玉山、许宜静、林瑞玉、刘燕青、吴荔城、邱宗许、傅瑞聪、陈瑞青、黄国良、施先柏、杨向阳、林莆杨等。在本书编写过程中参考一些文献资料，特在此向有关文献资料的作者表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免有不当或错误之处，敬请广大读者批评指正。

编　者







目录

前言

第一章 基础知识 …… 1

一、电控柴油机与传统柴油机的区别与优点 …… 1

1. 什么是电控柴油发动机? …… 1
2. 电控柴油机与传统柴油机有什么区别? …… 1
3. 机械燃油喷射与电控共轨燃油喷射有什么不同? …… 2
4. 电控柴油机有哪些优点? …… 3
5. 电控柴油机发展主要经历了哪几个阶段? …… 4
6. 国内电控柴油机应用现状? …… 4
7. 柴油机电控技术的发展趋势是怎样的? …… 6

二、柴油机电控系统的控制内容 …… 7

8. 柴油机电控系统由哪几部分组成? …… 7
9. 柴油机电子控制系统的工作原理是怎样的? …… 8
10. 电控柴油机一般有哪些传感器? …… 8
11. 电控柴油机的主要执行器有哪些? …… 9
12. 电控柴油机的电子控制器是怎样的? …… 9
13. 柴油机电控系统的主要功能有哪些? …… 10
14. 柴油机电控系统有哪些主要特点? …… 10
15. 燃油喷射控制系统包括哪些内容? …… 11
16. 什么是供(喷)油量控制? …… 11
17. 什么是供(喷)油正时控制? …… 11
18. 什么是供(喷)油速率和供(喷)油规律的控制? …… 11
19. 什么是喷油压力的控制? …… 12
20. 什么是柴油机低油压保护? …… 12
21. 什么是增压器工作保护? …… 12
22. 怠速控制系统包括哪些内容? …… 12
23. 什么是怠速转速的控制? …… 12
24. 什么是各缸均匀性的控制? …… 12
25. 进气控制系统包括哪些内容? …… 12
26. 什么是进气节流控制? …… 12
27. 什么是进气涡流控制? …… 12
28. 什么是气门驱动控制? …… 12



29. 什么是增压控制系统? …… 12
30. 什么是排放控制系统? …… 13
31. 起动控制系统包括哪些内容? …… 13
32. 什么是巡航控制系统? …… 13
33. 什么是故障自诊断和失效保护系统? …… 13
34. 什么是柴油机与自动变速器的综合控制系统? …… 13
三、电控柴油机燃油系统类型与特点 …… 13
35. 电控柴油机的燃油系统是如何分类的? …… 13
36. 第一代位置控制式电控燃油系统是怎样的?有几种? …… 13
37. 第二代时间控制式电控燃油喷射系统是怎样的? …… 14
38. 第三代电控共轨式燃油系统是怎样的?有几种? …… 15
39. 高压共轨系统与中压共轨系统的主要区别有哪些? …… 16
40. 什么是高压共轨系统? …… 16
41. 什么是中压共轨系统? …… 16
42. 什么是压电式共轨系统? …… 16
43. 压电共轨系统有哪些特点? …… 17
44. 柴油机供油系统电控技术的类型有几种? …… 17

第二章 电控柴油机燃油系统 …… 18

一、电控直列泵燃油系统 …… 18
45. 电控直列泵由哪些部分组成? …… 18
46. 电控直列泵有什么特点? …… 18
47. 电控直列泵的工作原理是怎样的? …… 19
48. 电控直列泵是怎样控制喷油量的? …… 20
49. 电控直列泵是怎样控制喷油正时的? …… 20
50. 电控直列泵喷油正时电控系统由哪些部分组成? …… 20
51. 电控直列泵中,实现供油量“位置控制”的电子调速器有几种?结构是怎样的? …… 21
52. 电控直列泵的电控液压式电磁阀型正时控制器的工作原理是怎样的? …… 21
53. 电控直列柱塞泵步进电动机的工作原理是怎样的? …… 22
54. 电控直列泵燃油系统常采用的传感器有哪些? …… 22
55. 电控直列泵燃油系统的主要执行器有哪些? …… 23
二、电控分配泵燃油系统 …… 23
56. 电控分配泵燃油系统主要由哪几部分组成的? …… 23
57. 电控分配泵发展经历了哪三个阶段? …… 24
58. 第一代电控分配泵的结构有什么特点? …… 24
59. 第二代电控分配泵的结构有什么特点? …… 24
60. 第三代电控分配泵的结构有什么特点? …… 25
61. 电控分配泵的控制功能有哪些? …… 25



62. 电子控制分配泵燃油系统是怎样分类的? …… 26
63. 位置控制式电子控制分配泵燃油系统结构是怎样的? …… 26
64. 电控分配泵燃油系统怎样控制喷油量? …… 26
65. 怎样实现喷油时间控制? …… 26
66. 时间控制式电子分配燃油系统结构是怎样的? …… 27
67. 位置控制式电控分配泵有几种?主要区别是什么? …… 28
68. 喷油泵控制单元有什么特点? …… 28
69. 在时间控制式的燃油喷射系统中PCU和ECU分开有什么优点? …… 28
70. 时间控制式的直列泵喷射系统结构是怎样的? …… 29
71. PPVI系统电磁阀的基本结构是怎样的? …… 29
72. 什么是轴向柱塞式分配泵“位置控制”系统? …… 29
73. 什么是径向柱塞式分配泵“位置控制”系统? …… 29
74. 什么是时间控制式电控分配泵系统? …… 30
75. 时间控制式电控分配泵系统有几种? …… 31
76. 轴向柱塞式分配泵“时间控制”系统控制原理有几种类型? …… 31
77. 回油控制方式分配泵的工作原理是怎样的? …… 31
78. 进油控制方式的分配泵工作原理是怎样的? …… 31
79. 供油正时控制是怎样的? …… 31
80. 径向柱塞式分配泵“时间控制”系统结构是怎样的? …… 32
81. 径向柱塞式分配泵的控制原理是怎样的? …… 32
82. 电子控制分配泵燃油系统主要传感器有哪些? …… 32
83. 电子控制分配泵燃油系统主要执行器有哪些? …… 34
三、电控泵喷嘴及单体泵燃油系统 …… 34
84. 什么是电控泵喷嘴系统? …… 34
85. 什么是电控单体泵系统? …… 34
86. 电控泵喷嘴与单体泵有什么区别? …… 34
87. 电控泵喷嘴由哪些部件组成?有什么特点? …… 35
88. 电控泵喷嘴系统工作原理是怎样的? …… 37
89. 柴油轿车泵喷嘴系统有哪些部件? …… 37
90. 载货柴油汽车泵喷嘴系统有哪些部件? …… 37
91. 电控泵喷嘴结构是怎样的? …… 37
92. 柴油轿车电控泵喷嘴的结构是怎样的? …… 40
93. 柴油载货汽车电控泵喷嘴结构是怎样的? …… 40
94. 电控泵喷嘴系统中高速电磁阀的作用是什么? …… 40
95. 柴油轿车泵喷嘴系统高速电磁阀的结构是怎样的? …… 40
96. 柴油载货汽车泵喷嘴系统高速电磁阀的结构是怎样的? …… 40
97. 电控单体泵系统由哪些部分组成? …… 43
98. 电控单体泵的结构形式有几种? …… 44
99. 电控单体泵系统的结构是怎样的? …… 44

100. 电控单体泵系统的工作原理是怎样的？ …… 46
101. 电控泵喷嘴/单体泵系统使用的主要传感器有哪些？ …… 46
102. 电子控制单元控制的内容有哪些？ …… 46
103. 电控泵喷嘴/单体泵的主要执行器有哪些？ …… 46
四、电控共轨燃油系统 …… 46
104. 什么是电控高压共轨技术？ …… 46
105. 电控高压共轨燃油系统由哪些部分组成？ …… 47
106. 电控共轨系统控制系统的组成及功能是怎样的？ …… 47
107. 电控共轨燃油系统供油系统由哪些部分组成？ …… 48
108. 电子控制共轨燃油系统的工作原理是怎样的？ …… 48
109. 电子控制共轨系统的控制功能有哪些？ …… 49
110. 电子控制共轨燃油系统喷射方式有几种？ …… 50
111. 什么是一段喷油法？ …… 50
112. 什么是二段喷油法？ …… 50
113. 什么是多段喷油法？ …… 50
114. 在多段喷油构成中，各段喷油的作用是什么？ …… 50
115. 共轨燃油系统的主要部件有哪些？ …… 50
116. 共轨燃油系统的预供油泵功用及类型有哪些？ …… 50
117. 燃油滤清器的作用与结构是怎样的？ …… 51
118. 高压油泵有什么作用？ …… 51
119. 高压油泵由哪些部件组成？ …… 51
120. 高压共轨供油系统的低压部分有哪些部件？ …… 52
121. 高压共轨供油系统的高压部分由哪些部件组成，其作用是什么？ …… 52
122. 高压油泵的工作原理是怎样的？ …… 52
123. 高压共轨供油系统的压力控制阀作用是什么？ …… 52
124. 高压共轨供油系统压力控制阀的组成及工作原理是怎样的？ …… 53
125. 共轨高压蓄压器的作用是什么？ …… 54
126. 电控高压共轨供油系统中限压阀的作用是什么？ …… 54
127. 电控高压共轨限压阀的组成及工作原理是怎样的？ …… 54
128. 电控高压共轨供油系统的流量限制器有什么作用？ …… 55
129. 电控高压共轨供油系统的流量限制器的结构是怎样的？ …… 55
130. 电控高压共轨供油系统的流量限制器的工作原理是怎样的？ …… 55
131. 博世公司高压共轨系统电磁喷油器的结构是怎样的？ …… 55
132. 喷油器的工作原理是怎样的？ …… 56
133. 卢卡斯 LDCR 型电子液压式喷油器的结构是怎样的？ …… 57
134. 卢卡斯电子液压式喷油器的工作原理是怎样的？ …… 57
135. 电装公司的电控喷油器结构与工作原理是怎样的？ …… 57
136. 喷油器的工作过程分为几步？ …… 58
137. 喷油器关闭（复位状态）和打开（开始喷油）的工作过程是怎样的？ …… 58



138. 喷油器关闭（喷油结束）工作过程是怎样的？ …… 60
139. 压电晶体式喷油器结构是怎样的？ …… 60
140. 压电式晶体式喷油器工作原理是怎样的？ …… 61
141. 电控中压共轨系统由哪些部件组成？ …… 62
142. 中压共轨系统喷油器的工作原理是怎样的？ …… 62
143. 什么是压电式共轨系统？ …… 63
144. 压电共轨系统有什么特点？ …… 64
145. 博世高压共轨燃油系统的主要传感器有哪些？ …… 64

第三章 柴油机电控系统中的传感器 …… 65

一、传感器的类型和功用 …… 65
146. 什么是传感器？ …… 65
147. 传感器的常用分类方法有几种？ …… 65
148. 传感器按有无外加能量分类可分为几种？ …… 65
149. 传感器按信号转换分类可分为几种？ …… 65
150. 传感器按工作原理分类可分为几种？ …… 65
151. 传感器按输出信号形式分类可分为几种？ …… 65
152. 传感器按检测控制参数分类可分为几种？ …… 65
153. 柴油机电控系统中的传感器有哪些？ …… 66
154. 温度传感器有哪些?各有什么作用？ …… 66
155. 位置传感器有哪些?各有什么作用？ …… 66
156. 空气流量传感器有几种?有什么作用？ …… 67
157. 压力传感器有几种？ …… 67
158. 速度传感器有几种？ …… 68
二、温度传感器 …… 68
159. 进气温度传感器结构与工作原理是怎样的？ …… 68
160. 冷却液温度传感器的结构与工作原理是怎样的？ …… 69
161. 燃油温度传感器的结构与工作原理是怎样的？ …… 70
162. 机油温度传感器的工作原理是怎样的？ …… 70
163. 排气温度传感器的工作原理是怎样的？ …… 70
164. 热电偶式温度传感器工作原理是怎样的？ …… 70
165. 熔丝式温度传感器工作原理是怎样的？ …… 70
三、位置及角度传感器 …… 71
166. 加速踏板位置传感器常用的类型有几种？ …… 71
167. 电位器式加速踏板位置传感器的工作原理是怎样的？ …… 71
168. 电涡流式加速踏板位置传感器工作原理是怎样的？ …… 71
169. 霍尔式加速踏板位置传感器工作原理是怎样的？ …… 72
170. 供（喷）油正时传感器有几种？ …… 72
171. 喷油器针阀开启始点传感器工作原理是怎样的？ …… 72

172. 高速电磁阀关闭始点传感器工作原理是怎样的？ …… 72
173. 点火始点传感器工作原理是怎样的？ …… 72
174. 供（喷）油量传感器的工作原理是怎样的？ …… 73
175. 曲轴/凸轮轴位置传感器有几种？ …… 74
176. 电磁脉冲式曲轴位置传感器的工作原理是怎样的？ …… 74
177. 光电式曲轴位置传感器的工作原理是怎样的？ …… 74
178. 霍尔式曲轴位置传感器的工作原理是怎样的？ …… 75
四、空气流量传感器 …… 76
179. 空气流量传感器有几种？ …… 76
180. 热线式空气流量传感器的结构是怎样的？ …… 76
181. 热线式空气流量传感器的工作原理是怎样的？ …… 76
182. 热膜式空气流量传感器的结构与工作原理是怎样的？ …… 77
183. 卡尔曼涡流式空气流量传感器的结构与工作原理是怎样的？ …… 77
184. 光电式卡尔曼涡流空气流量传感器的结构是怎样的？ …… 78
185. 光电式卡尔曼涡流空气流量传感器工作原理是怎样的？ …… 78
186. 超声波式卡尔曼涡流式空气流量传感器的结构是怎样的？ …… 79
187. 超声波式卡尔曼涡流式空气流量传感器的工作原理是怎样的？ …… 79
五、浓度传感器 …… 80
188. 浓度传感器有几种？ …… 80
189. 氧传感器是怎样分类的？ …… 80
190. 二氧化锆型氧传感器的结构与工作原理是怎样的？ …… 80
191. 二氧化钛型氧传感器的结构与工作原理是怎样的？ …… 80
192. 排烟传感器的作用与结构是什么？ …… 81
193. 排烟传感器的工作原理是怎样的？ …… 81
六、压力传感器 …… 82
194. 压力传感器有几种？ …… 82
195. 进气压力传感器有几种？ …… 82
196. 半导体压敏电阻式进气歧管压力传感器的结构与工作原理是怎样的？ …… 82
197. 压电式压力传感器的结构与工作原理是怎样的？ …… 83
198. 增压压力传感器的工作原理是怎样的？ …… 84
199. 大气压力传感器的工作原理是怎样的？ …… 84
200. 共轨压力传感器结构与工作原理是怎样的？ …… 84
201. 排气压差传感器的工作原理是怎样的？ …… 85
202. 燃烧压力传感器的工作原理是怎样的？ …… 86
七、转速传感器 …… 86
203. 电控柴油机的车速传感器有几种？ …… 86
204. 可变磁阻式车速传感器的结构与工作原理是怎样的？ …… 86
205. 光电式车速传感器结构及工作原理是怎样的？ …… 87
206. 电磁感应式车速传感器结构与工作原理是怎样的？ …… 87



第四章 电控柴油机排气净化系统 …… 89
一、废气再循环系统 …… 89
207. 什么是废气再循环系统? …… 89
208. 废气再循环系统的类型有几种? …… 89
209. 电控 EGR 系统是怎样的? …… 89
210. 增压柴油机 EGR 系统采用了哪些措施? …… 90
211. 使用废气再循环排气冷却有什么好处? …… 91
212. 增压柴油机 EGR 的控制过程是怎样的? …… 91
213. EGR 系统的结构分为几种? …… 91
214. 真空式的 EGR 控制阀是怎样的? …… 91
215. 电磁铁直接驱动的 EGR 控制阀是怎样的? …… 92
216. EGR 系统的工作原理是怎样的? …… 93
217. 低压废气再循环系统是怎样的? …… 93
218. 脉冲式废气再循环系统是怎样的? …… 93
二、排气后处理系统 …… 93
219. 什么是排气后处理技术? …… 93
220. 什么是氧化催化转化器技术? …… 94
221. 催化转化器的工作原理是怎样的? …… 94
222. 什么是四效催化转化器技术? …… 95
223. 车用柴油机四效催化转化系统有几种? …… 95
224. 丰田汽车的四效催化转化器是怎样的? …… 96
225. 柴油机 NO_x 后处理方法有几种? …… 96
226. 什么是选择催化还原（SCR）技术? …… 97
227. 什么是选择非催化还原（SNCR）技术? …… 97
228. 什么是颗粒物的净化技术? …… 97
229. 颗粒过滤器的类型和结构是怎样的? …… 98
230. 什么是颗粒过滤器的再生技术? …… 98
231. 颗粒过滤器再生的方法有几种? …… 98
第五章 柴油机其他电控系统 …… 99
一、废气涡轮增压系统 …… 99
232. 什么是废气涡轮增压系统? …… 99
233. 废气涡轮增压器系统调节的目的是什么? …… 99
234. 常用废气涡轮增压系统由哪些部分组成? …… 99
235. 空气滤清器的作用与类型是怎样的? …… 99
236. 废气涡轮增压器由哪些部分组成? …… 100
237. 增压器的润滑与机油散热器是怎样的? …… 100
238. 涡轮增压空气中冷器的工作原理是怎样的? …… 101
239. 中冷器的结构形式有几种? …… 101

240. 水冷式中冷器的结构有几种？…… 101
241. 空冷式中冷器的结构有几种？…… 102
242. 废气涡轮增压器的结构与工作原理是怎样的？…… 102
243. 增压器是怎样控制增压的？…… 102
244. 废气涡轮增压器的类型有几种？…… 103
245. 什么是普通自由浮动增压器？…… 103
246. 什么是旁通式涡轮增压器？…… 103
247. 什么是可变截面涡流增压器？…… 103
248. 轿车与货车用的废气涡轮增压器有什么区别？…… 104
249. 可变喷嘴涡轮增压器的结构与工作原理是怎样的？…… 104
250. 2 级涡轮增压器的结构是怎样的？…… 106
251. 2 级涡轮增压器的工作原理是怎样的？…… 107
二、进气翻板控制…… 109
252. 电控柴油机的进气翻板控制装置有什么作用？…… 109
253. 电控柴油机的进气管节流方法有几种？…… 109
254. 直流电动机型进气节流控制系统结构与工作原理是怎样的？…… 109
255. 电控气动型进气节流控制系统的结构与工作原理是怎样的？…… 109
256. 涡轮增压柴油机的电控进气管节流控制系统是怎样的？…… 110
257. 自然吸气柴油机的电控进气管节流控制系统是怎样的？…… 110
三、可变气门驱动系统…… 111
258. 可变气门驱动系统有什么作用？…… 111
259. 气门驱动系统按驱动方式分类可分为几种？…… 111
260. 无凸轮轴的直接气门控制系统独有优点有哪些？…… 111
261. 德国大众公司可变进气相位控制系统结构是怎样的？…… 112
262. 日本本田公司 VTEC 系统结构是怎样的？…… 112
263. 可变摇臂机构的结构是怎样的？…… 113
264. 可变液压顶杆机构是怎样的？…… 113
265. 无凸轮驱动可变气门系统类型有哪些？…… 113
266. 电磁铁驱动可变气门系统的结构与工作原理是怎样的？…… 113
267. 电动机直接控制凸轮的可变气门驱动系统的结构与工作原理是怎样的？…… 114
268. 液压驱动可变气门系统有几种？…… 114
269. 电控无弹簧双作用液压活塞可变气门驱动系统的结构与工作原理是怎样的？…… 114
270. 电控弹簧单作用液压活塞可变气门驱动系统的结构与工作原理是怎样的？…… 115
四、可变进气涡流控制系统…… 115
271. 可变进气涡流控制有什么作用？…… 115
272. 可变进气涡流控制系统的控制方法有几种？…… 115
273. 什么是双气道式可变涡流进气系统？…… 115



274. 什么是导气屏式可变涡流进气系统？…… 116
275. 什么是喷孔式变涡流控制系统？…… 116
276. 什么是气道分隔式进气涡流控制装置？…… 117
277. 什么是可调涡流式进气涡流控制装置？…… 117
278. 什么是带涡流控制阀的进气涡流控制装置？…… 117
279. 进气涡流控制系统由哪些部分组成？…… 118
五、进气预热系统…… 119
280. 柴油机的预热系统有什么作用？…… 119
281. 柴油机常见的预热装置有几种？…… 119
282. 重型柴油机的燃油电加热器有什么作用？…… 120
283. 电热塞预热系统工作原理是怎样的？…… 120
284. 预热系统电路有几种？…… 121
285. 预热塞的结构与工作原理是怎样的？…… 122
286. 预热器有几种类型？…… 122
287. 燃烧式预热器的结构与工作原理是怎样的？…… 122
288. 电热式预热器的结构是怎样的？…… 123
289. 辅助预热系统是怎样的？…… 124
290. 辅助预热系统控制过程分为几个阶段？…… 124
第六章 柴油机电控系统维修 …… 125
一、电控柴油机的使用与维修注意事项…… 125
291. 怎样正确使用电控柴油机？…… 125
292. 电控柴油机日常维护的内容有哪些？…… 126
293. 燃油系统的维护内容有哪些？…… 126
294. 燃油系统的日常维护应注意哪些事项？…… 127
295. 电器系统的维护内容有哪些？…… 127
296. 电控单元的日常维护要注意哪些问题？…… 128
297. 电控柴油机使用维修的通用原则有哪些？…… 128
298. 电控柴油机维修时应注意哪些事项？…… 129
299. 电控柴油机维修后应注意哪些事项？…… 131
二、电控系统的维修基础…… 131
300. 电控系统的检修方法有哪些？…… 131
301. 解码器检测方法是怎样的？…… 131
302. 使用解码器应注意哪些事项？…… 132
303. 怎样运用万用表检测法？…… 133
304. 万用表电阻检测法是怎样的？…… 133
305. 万用表电压检测法是怎样的？…… 133
306. 万用表电流检测法是怎样的？…… 133
307. 怎样检测传感器与ECU连接线线束电阻值？…… 133

308. 怎样运用数据流进行测试与分析？…… 133
309. 有故障码的数据流分析的一般步骤是怎样的？…… 134
310. 无故障码的数据流分析的一般步骤是怎样的？…… 134
311. 数据流的综合分析是怎样的？…… 134
312. 怎样进行数据流综合测量？…… 135
313. 怎样进行数据流综合分析？…… 135
314. 怎样运用波形检测与分析？…… 135
315. 汽车专用示波器的安全操作注意事项有哪些？…… 135
三、电控单元的万用表检测…… 136
316. 怎样用万用表检测电控单元？…… 136
317. 用万用表检测电控单元应注意哪些事项？…… 136
318. 怎样检测电控单元各端子间的电压？…… 136
319. 怎样检测电控单元各端子间的电阻？…… 136
320. 怎样检测集成电路传感器端子的电流？…… 137
四、传感器的万用表检测…… 138
321. 万用表检测传感器的顺序是怎样的？…… 138
322. 传感器检测应注意哪些事项？…… 139
323. 怎样运用万用表检测传感器？…… 140
324. 怎样检测传感器的输出信号电压？…… 140
325. 怎样检测传感器的电阻？…… 141
326. 怎样检测热敏电阻式温度传感器？…… 141
327. 怎样检测压力传感器？…… 142
328. 怎样检测霍尔式传感器？…… 143
329. 怎样检测光电式传感器？…… 143
330. 怎样检测电磁感应式传感器？…… 144
331. 怎样检测热膜式空气流量传感器？…… 144
332. 怎样检测卡尔曼涡流式空气流量传感器？…… 145
333. 怎样检测加热型氧化锆氧传感器？…… 145
334. 怎样检测宽量程氧传感器？…… 146
335. 怎样检测电位计式位置传感器？…… 146
336. 怎样检测转速传感器？…… 147
337. 怎样检测压电传感器？…… 147
五、执行器的万用表检测…… 147
338. 怎样用万用表检测执行器？…… 147
339. 电动燃油泵的工作原理是怎样的？…… 147
340. 怎样检测电动燃油泵？…… 148
341. 电控分配泵的电路是怎样的？…… 148
342. 怎样检测电控分配泵？…… 149
343. 怎样检测喷油电磁阀？…… 149



344. EGR控制系统的工作原理是怎样的？…… 150
345. 怎样检修EGR控制系统？ …… 150
346. 怎样检修EGR电磁阀？ …… 151
347. 怎样检修EGR阀？ …… 151
348. 怎样检测预热传感器？…… 152
349. 怎样检测预热塞？…… 152

第七章 柴油机电控系统的故障诊断与排除 …… 153

一、故障诊断的原则和方法…… 153
350. 柴油机电控系统故障诊断的基本原则是怎样的？…… 153
351. 怎样运用先简后繁、先易后难的诊断原则？…… 153
352. 怎样运用先思后行、先熟后生的诊断原则？…… 153
353. 怎样运用先上后下、先外后内的诊断原则？…… 153
354. 怎样运用先备后用、故障码优先的诊断原则？…… 154
355. 电控柴油机故障诊断时应注意哪些事项？…… 154
356. 电控柴油机故障诊断的一般方法是怎样的？ …… 154
357. 电控发动机故障诊断的基本方法有哪些？…… 155
358. 怎样运用直观诊断法？…… 155
359. 怎样运用随车自诊断系统诊断故障？…… 155
360. 运用简单仪表诊断故障的方法有几种？…… 156
361. 怎样运用专用诊断仪诊断法？…… 156
362. 电控柴油机故障诊断基本程序是怎样的？…… 156
二、电控系统故障诊断…… 157
363. 怎样诊断间歇性故障？…… 157
364. 怎样运用振动法？…… 157
365. 怎样运用加热法？…… 157
366. 怎样运用水淋法？…… 158
367. 怎样运用电器全部接通法？…… 158
368. 怎样运用道路试验法？…… 158
369. 什么是无故障码故障？…… 158
370. 怎样诊断非共轨型柴油机无故障码故障？…… 159
371. 怎样诊断共轨电控柴油机故障？…… 162
372. 电控共轨柴油机的自保护功能有哪些？…… 164
373. 电控柴油机控制系统造成的故障的主要表现有哪些？…… 165
374. 电控柴油机控制系统故障的诊断方法是怎样的？…… 165
375. 怎样排除电控柴油机控制系统的故障？…… 165
376. 故障码读取和清除的方式有哪些？…… 167
377. 怎样按故障码提示进行故障诊断？…… 168
378. 怎样运用实际值（或数据流）排除故障？…… 168

379. 怎样进行冷却液温度分析？…… 169
380. 怎样进行大气压力参数分析？…… 169
381. 怎样进行进气歧管压力分析？…… 169
382. 怎样进行空气流量分析？…… 169
383. 怎样进行进气温度分析？…… 170
384. 怎样进行氧传感器工作状态分析？…… 170
385. 怎样进行自动变速器油温度分析？…… 170
386. 怎样进行变速器输入转速分析？…… 171
387. 怎样进行变速器输出转速分析？…… 171
388. 怎样进行 ABS 数据流分析？…… 171
389. 电控系统电路常见的故障有哪些？…… 171
390. 进行电路故障检修时怎样选择电路的检测点？…… 171
391. 怎样诊断电路的断路故障？…… 172
392. 怎样诊断电路的短路故障？…… 172
393. 电路线束连接器常见故障有哪些？…… 173
三、柴油机电控系统常见故障的诊断与排除…… 173
394. 电控柴油机常见故障症状有哪些？…… 173
395. 怎样诊断与排除共轨系统（博世）柴油机起动困难故障？…… 173
396. 怎样诊断电控共轨（博世）柴油机冒黑烟的故障？…… 175
397. 怎样诊断与排除博世共轨电控柴油机功率不足故障？…… 176
398. 怎样诊断与排除电控柴油机功率不足/转速不稳故障？…… 177
399. 怎样诊断与排除电控柴油机故障指示灯亮（或闪烁）故障？…… 179
第八章　柴油机电控系统典型故障检修实例分析…… 181
一、电控单元故障检修…… 181
400. 长城风骏车柴油发动机无法起动怎么办？…… 181
401. 江铃轻型货车（1.25T）发动机无法起动怎么办？…… 182
402. 郑州日产 Y37 轻型货车发动机无法起动怎么办？…… 183
403. XMQ6123Y1 大金龙车发动机不能起动怎么办？…… 184
404. 陕汽德龙 F3000 车发动机无法起动怎么办？…… 184
405. 日野 500 系列混凝土搅拌车突然出现冒蓝烟，同时所有仪表不工作怎么办？…… 185
406. 五十铃（ISUZU）CXZ 系列 51K 型重型混凝土搅拌车冒蓝烟怎么办？…… 186
407. 潍柴 WP6.240 型共轨柴油机不能起动怎么办？…… 186
二、传感器故障维修…… 186
408. 帕萨特 1.8T 柴油车高速时加速无力怎么办？…… 186
409. 中通 LCK6601D3F 客车行车途中自行熄火后，无法再次起动怎么办？…… 187
410. 长城哈弗汽车事故修复后发动机不能起动怎么办？…… 189
411. 长城哈佛 CUV 汽车拆装飞轮后发动机无法起动怎么办？…… 192



412. 长城风骏车在行驶中发动机突然熄火怎么办? …… 193
413. 厦门金龙客车发动机故障灯时亮时不亮怎么办? …… 195
414. 金龙客车柴油机最高转速只能达到1600r/min怎么办? …… 196
415. 金龙客车在行驶途中自行熄火后无法起动怎么办? …… 199
416. 中通LCK6125客车行驶中出现加速踏板失效怎么办? …… 199
417. 陕汽德龙F2000型牵引车起动发动机时起动机没有反应怎么办? …… 200
418. 陕汽德龙F2000水泥搅拌车有时在高速行驶或爬坡时，踩下加速踏板，发动机一点反应也没有，此时发动机转速会继续下降，若再踩几次，又会变好怎么办? …… 200
419. 华泰圣达菲发动机拉瓦修复后不能起动怎么办? …… 200
420. 丰田Hilux4×4轻型货车车速表不指示怎么办? …… 202
421. 西沃XW6123C大客车二级维护后出现挂档行驶后加速困难，发动机动力不足怎么办? …… 203
三、执行器故障检修 …… 203
422. 江淮HK6606K型客车研磨气门后起动发动机，运转数秒后发动机自行熄火，且无法重新起动怎么办? …… 203
423. 依维柯国Ⅲ共轨发动机转速达到3500r/min时，发动机转速加不上去，怎么办? …… 205
424. 依维柯欧Ⅲ车在正常行驶中发动机突然熄火怎么办? …… 206
425. 依维柯威尼斯之旅轻型客车发动机高速自动熄火怎么办? …… 207
426. 江铃顺达货车冷车起动困难怎么办? …… 209
427. 北汽欧曼载货汽车停车一周后，再次起动发动机能转但不着车怎么办? …… 210
428. 欧曼BJ3318DMPKC-3自卸车起动和怠速均正常，但是不能急加速，偶尔会熄火，无故障码，怎么办? …… 210
429. 欧曼牵引车发动机排气管冒黑烟，加速有“突突”声，故障灯不亮怎么办? …… 210
430. 捷达先锋柴油车行驶中加速无力怎么办? …… 211
431. 现代特拉卡CRDI2.9L越野车发动机故障指示灯点亮，同时出现怠速抖动、急加速冒黑烟、高速行驶无力怎么办? …… 212
432. 重汽产豪泺牌牵引车在每次起动运转的过程中，发动机突然熄火，熄火后再次起动，起动机运转正常，但发动机无法着车怎么办? …… 213
433. 开迪车SDI柴油发动机怠速运转时振动大，急加速时冒白烟怎么办? …… 213
434. SC6721客车运行中出现故障灯闪烁、踩加速踏板发动机没有响应、转速固定在1100r/min，紧接着发动机突然熄火后无法再次起动，怎么办? …… 216
435. 潍柴WP6.240型增压中冷型柴油发动机起动困难，且起动时伴有“当当”敲击声，怎么办? …… 217
436. 潍柴WP6.240发动机起动时起动机不动作，怎么办? …… 218
437. 起亚PREGIO 3.0汽车起动时起动机运转正常，但是发动机无法着车，

怎么办? …… 218
438. 奥迪 A6LTDI 柴油车行驶中故障灯闪烁，动力不足，加不上油，熄火后无法起动，怎么办? …… 219
439. 奥迪 A6L 柴油车发动机无法起动怎么办? …… 220
440. 玉柴 4G180 国Ⅲ发动机转速受限（低于 1700r/min），故障指示灯常亮怎么办? …… 220
441. 玉柴 6G230 国Ⅲ发动机急加速时出现动力不足，故障指示灯闪烁怎么办? …… 221
442. 锡柴 6DL2 国Ⅲ发动机，在更换曲轴后油封后，只要一急加速，发动机就马上熄火，怎么办? …… 221
四、其他故障检修 …… 222
443. 金龙 XMQ6800 型客车发动机加速无力怎么办? …… 222
444. 金龙 KLQ6129QE3 型大客车发动机动力性能差，难起动怎么办? …… 223
445. XML6807J23 型金龙客车发动机动力不足怎么办? …… 224
446. 宇通 ZK6127HS 型客车发动机无法起动怎么办? …… 225
447. 宇通客车行驶中的发动机高速发抖，上坡行驶无力怎么办? …… 226
448. ZK6986 型宇通客车发动机自动熄火怎么办? …… 228
449. 奥迪 A6L 轿车柴油发动机故障灯亮怎么办? …… 228
450. ZK6831HGA 型城市公交车发动机散热器内有柴油怎么办? …… 230
451. SLG6700C3N 型客车在行驶中发动机偶尔自动熄火，发动机故障灯闪烁报警怎么办? …… 231
452. 江铃宝典汽车 JX493ZQ5A 发动机故障灯亮怎么办? …… 232
453. 北方奔驰牵引车发动机动力不足怎么办? …… 234
454. 北方奔驰自卸车发动机动力不足，发动机故障灯点亮怎么办? …… 234
455. 江淮 HK6103H3 型客车起动后发动机自行熄火怎么办? …… 235
456. 中通客车电控柴油机加速时冒黑烟? …… 236
457. KLQ6856 型苏州金龙客车发动机产生异响，动力不足怎么办? …… 236
458. 中通客车电控柴油机最高转速只能达到 1500r/min 怎么办? …… 237
459. 中通客车车辆停驶后再次起动发动机，发现起动机无任何反应怎么办? …… 238
460. 金龙 XMQ6800Y 型客车发动机间歇矬车，有时突然熄火怎么办? …… 239
461. 欧曼 BJ5253GJB-2 型水泥搅拌罐车在行驶途中，发动机限速 1500r/min，怎么办? …… 240
462. 依维柯工程车发动机突然熄火后，再也无法起动，怎么办? …… 241
463. 依维柯汽车发动机加速不良怎么办? …… 241
464. 瑞风 HFC6500 商务柴油车行驶中发动机熄火，同时故障灯点亮；熄火后可以重新起动，起动后车辆行驶正常。怎么办? …… 243
465. 北京 BJ493ZQ3-12Ke 柴油车加速无力，踩加速踏板不起作用，车辆只能开到 30km/h 怎么办? …… 245
466. 奥铃汽车行驶中突然熄火后，发动机不着车怎么办? …… 246
467. BJ1027V2MD5-S2 汽车发动机运转无力，冒黑烟怎么办? …… 246



468. 长城哈弗 CUV 汽车怠速运转时排烟为灰白色；均匀加速，排气管冒黑烟；突然加速，黑烟滚滚。怎么办？…… 246

第九章 电控柴油发动机的电路图与识读 …… 249

一、柴油发动机电控系统电路图的识读…… 249
469. 怎样识读柴油机电控系统电路图？…… 249
470. 怎样识读时间控制式电控柴油喷射系统电路？…… 249
471. 怎样识读传感器电路？…… 249
472. 怎样识读执行器电路？…… 251
473. 怎样识读高压共轨式电控柴油喷射系统电路？…… 251
474. 怎样识读传感器及开关电路？…… 252
475. 执行器电路有何特点？…… 254
二、常见柴油车电控系统电路图…… 254
476. 玉柴 YC6L-40 共轨柴油机 SCR 系统电路图 …… 254
477. 玉柴博世共轨国Ⅲ柴油机车辆电路连接图 …… 255
478. 玉柴德尔福电控单体泵欧Ⅲ柴油机车辆电路连接图 …… 257
479. 潍柴发动机电控系统（国Ⅲ）电路图 …… 258
480. 五十铃 6WA1-TC 发动机控制系统电路图…… 259
481. 五十铃 6WG1-TC 发动机控制系统电路图…… 260
482. 庆龄 4KH1-TC 发动机控制系统电路图 …… 261
483. 江铃 N 系列 JX493ZLQ 发动机控制系统电路图 …… 261
484. 江铃 T 系列欧Ⅲ发动机电路图 …… 261
485. 全顺欧Ⅲ发动机电路图 …… 261
486. 一汽 CA6DL1-E3 电控系统原理图（国Ⅲ电装系统）…… 266
487. 一汽 CA6DL1-32 E3 电控系统原理图（带继电器国Ⅲ电装系统） …… 266
488. 一汽 CA6DL1-32 电控系统原理图（不带继电器国Ⅲ电装系统） …… 266
489. 一汽 CA4DL-20E3 电控系统原理图（带继电器国Ⅲ电装系统） …… 266
490. 一汽 CA4DL-20E3 电控系统原理图（不带继电器国Ⅲ电装系统） …… 266
491. 一汽 CA4DF3-13E3 电控系统原理图（国Ⅲ博世系统） …… 272
492. 一汽 CA6DF2-24E3 电控系统原理图（国Ⅲ博世系统） …… 273
493. 一汽 CA6DL2-35E3 电控系统原理图（国Ⅲ博世系统） …… 274
494. 一汽大柴道依茨发动机单体泵电控系统电路图 …… 274
495. 金龙斗山 DL06 发动机控制系统电路图…… 274
496. 金龙斗山 DV10 发动机控制系统电路图…… 275
497. 云内动力 D16T CI/D19TCI 发动机电路图…… 280
498. 陕汽德龙 F3000 潍柴 WP10/12 发动机电路图 …… 282
499. 威特发动机电控系统原理图 …… 283
500. 康明斯 CISDe 发动机电控系统原理图 …… 283
501. 康明斯 ISB4/ISBe 接线图（OEM 接线口 B） …… 283

502. 索菲姆 8140. 43S3 高压共轨柴油机 EDC6 系统原理图 …… 283
503. 南京依维柯 EDC-MS6. 3 电路原理图 …… 290
504. 博世高压共轨电控系统电路图 …… 291
505. 德尔福高压共轨电控系统电路图 …… 293
506. 电装高压共轨电控系统电路图 …… 294

参考文献 …… 297

第一章 基础知识

一、电控柴油机与传统柴油机的区别与优点

1. 什么是电控柴油发动机?

柴油机将化学能转换为机械能并对外输出，是压燃式内燃机。

柴油机在工作时，吸入柴油机气缸的空气因活塞的运动而受到较高程度的压缩，可以达到500～700℃的高温。然后，将柴油以雾状喷入高温空气中，与高温空气混合燃烧。

柴油机的电控系统主要包括燃油系统的电子控制和空气供给系统的电子控制。燃油喷射控制主要包括：供（喷）油量控制、供（喷）油正时控制、供（喷）油速率控制和喷油压力控制等。柴油机的进气控制主要包括进气节流控制、可变进气涡流控制和可变配气正时控制。另外，还有一些辅助电控系统，如起动控制系统、排放控制系统、故障自诊断和失效保护系统。

电子控制系统的应用使得柴油机在动力性、经济性和排放性能等方面都取得了巨大的进步。

2. 电控柴油机与传统柴油机有什么区别?

电控柴油发动机与传统柴油机的主要区别在于它的燃油供给系统的不同，前者采用的是电控燃油喷射系统，而后者采用的是机械式燃油喷射系统。

现仅以电控高压共轨燃油喷射技术为例进行比较。

（1）传统机械燃油喷射系统

传统机械式燃油喷射系统如图1-1所示，其喷油泵的控制依赖于柴油机。喷油泵喷油的大体时刻由柴油机间接控制，并且柴油机的供油压力随柴油机转速的变化较大。喷油提前器是在柴油机转速较高时使喷油泵的凸轮轴相应地提前一个角度，满足柴油机高速时的要求。调速器是通过感应元件感知柴油机的各种工况，对柴油机进行控制，主要是满足怠速时的稳定性和超过标定转速时的断油，其余工况依靠感应元件和调速器内的弹簧的平衡来稳定柴油机的转速。

（2）电控共轨燃油喷射系统

电控共轨式喷油系统的组成如图1-2所示。其主要部件包括：高压供油泵、燃油滤清器、高压共轨管、电控喷油器、电控单元（ECU）和各种传感器等。机构的改进决定了电控共轨系统相对于传统机械式喷油系统有很多的优点。

燃油共轨技术通过共轨系统直接或间接地形成恒定的高压燃油，分别送到每个喷油器，并借助于集成在每个喷油器上的高速电磁开关阀的开启与闭合，定时、定量地控制喷油器喷射到燃烧室的油量，从而保证柴油机达到最佳的雾化、燃烧和最少的污染排放。

共轨技术是指高压油泵、压力传感器和ECU组成的闭环系统中，将喷射压力的产生和喷



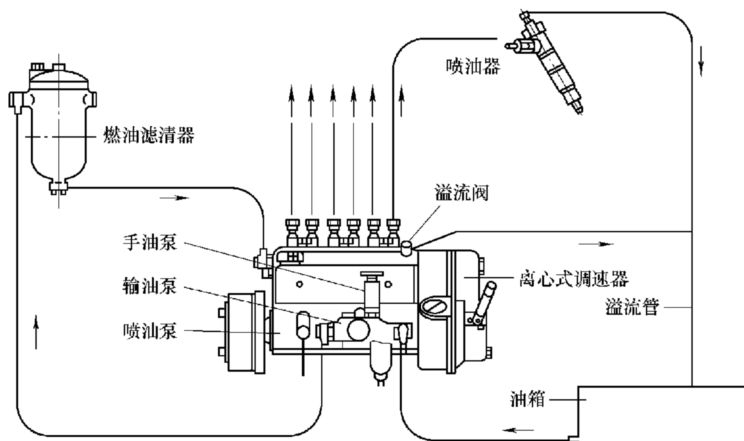


图 1-1　传统机械式燃油喷射系统

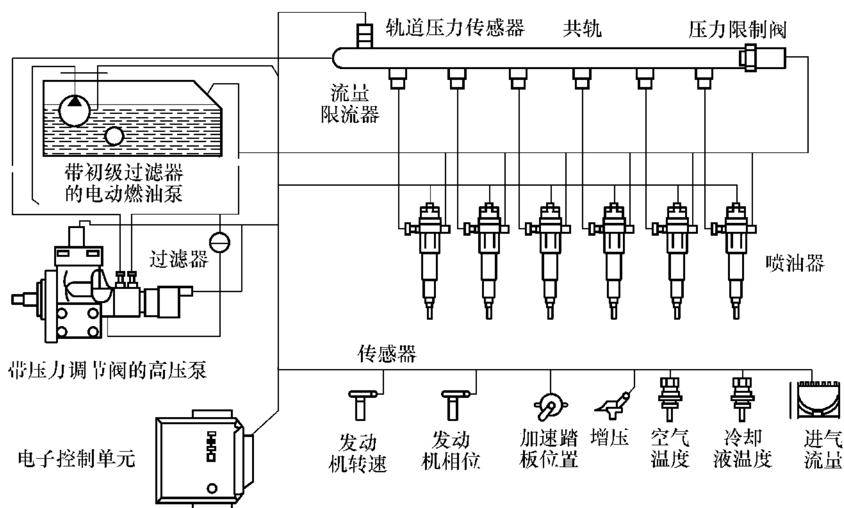


图 1-2　柴油机电控共轨燃油系统

射过程彼此完全分开的一种供油方式。由高压油泵把高压燃油输送到公共供油管，通过对公共供油管内的油压实现精确控制，使高压油管压力大小与柴油机的转速无关，这样可以大幅度减小柴油机供油压力随柴油机转速的变化，因此也就克服了传统柴油机的缺陷。ECU 控制喷油器的喷油量，而喷油量的大小取决于共轨（公共供油管）压力和电磁阀开启时间的长短。

3. 机械燃油喷射与电控共轨燃油喷射有什么不同?

机械燃油喷射与电控共轨燃油喷射的差异主要表现在燃油的供给方式和对喷油时刻的选择上。

（1）传统机械式喷油系统

1）高压油管内的油压是瞬间脉动高压，主要是由柱塞连续供油形成的。

2）传统机械式喷油系统的喷油量主要是受负荷的影响，负荷调整喷油量即通过提前器和调速器对此油量进行修正，但不能实现精确控制。

（2）电控高压共轨燃油喷射系统

1）高压油管的压力总是保持在比较恒定的范围内，这是因为供油泵产生的脉动油压在共轨管内的容积增加时，产生谐振效应，使压力的波动减小和削弱，当油压变化时，由压力调节器起作用，将喷油器的燃油压力调节到比较恒定的状态。

2）电控高压共轨燃油喷射系统的喷油量是由多因素控制的，控制喷油量的基本因素有负荷（加速踏板开度表示）、转速、冷却液温度、进气温度和油温，以及燃油油压和尾气中含氧量的多少。确定喷油量的同时，由 ECU 控制电磁阀开启时间的长短，确定每次喷油量大小。

目前电控高压共轨燃油喷射系统的发展趋势是更高的喷射压力（超过 200MPa）、更小的喷孔直径（$\phi0.11\sim\phi0.13$mm）、更短的响应时间（0.1ms）、更低的功率消耗（采用压电晶体喷油器）和功能更完善的软件。

4. 电控柴油机有哪些优点？

（1）改善低温起动性

传统柴油机起动系统预热需要人工操作，而电控柴油机进气预热器由 ECM（电控单元）通过一个连接到蓄电池电源上的继电器控制。进气预热器安装在发动机进气道中，其预热器特性通过标定设置，用户不能调整。发动机在低温起动时，由 ECM 以最佳的程序代替驾驶人的操作，使柴油机低温起动快捷。

（2）降低氮氧化物和烟度的排放

电控柴油机可根据发动机的转速和负荷精确控制喷油量，使之不超过冒烟界限的范围；与此同时，又可以根据发动机工况调节喷油始点，从而可以降低烟度。在有效地减少和抑制颗粒物和氮氧化物（NO_x）生成方面，电控柴油机采用 SCR（选择性催化还原）技术，可以降低 NO_x 的生成量；或采用 DPF（微粒捕集器）技术有效地减少颗粒物和降低 NO_x 排放量。DPF 的工作原理是用捕集器过滤废气中的颗粒物，然后通过氧化颗粒物来清洁捕集器使之再生。

（3）提高发动机的运转平稳性

传统柴油机的机械式调速器的反馈控制响应速度慢，容易导致柴油机在负荷变化时运转速度产生波动。而电控柴油机取消了机械调速器，改用由传感器、电控单元和执行器组成的电子调速器。电控单元根据各种传感器和开关信号决定怠速转速开始时刻和怠速转速的大小，并决定在该怠速转速下相应的喷油量。电子调速器控制电路响应性好，无论负荷怎样增减，都不会使发动机运转产生波动，保证发动机运转平稳。

（4）提高发动机的动力性和经济性

传统柴油机燃油供给装置由柱塞、出油阀、喷油器等组成，由于机械磨损，会使喷油量、喷油正时产生较大的误差。电控柴油机的电控单元能根据各种传感器信号精确计算喷油量和喷油量和喷油正时，从而可以提高柴油机的动力性和经济性。

相同功率的柴油车和汽油车相比，柴油车要节省 25%～30% 的燃油。

（5）控制涡轮增压

废气涡轮增压器采用电子控制，目的是保证柴油机在低速时有较高的转矩，又能保证柴油机在标定点附近增压压力不致过高，以防止负荷过高而功率下降和涡轮增压器超速。电控柴油轿车上使用可调增压器，在重型载货汽车上采用连续反馈控制可变喷嘴涡轮增压器，采



用电子控制技术可对它们进行精确控制。

（6）电控柴油机适应性广

只要改变电控单元的控制程序和数据，即对电控单元重新标定，一种喷油泵就能广泛应用在各种柴油机上。柴油机的燃油喷射控制可与变速器控制、怠速控制等各种控制系统进行组合实行集中控制，缩短柴油机电控系统开支周期，并可降低成本，从而扩大柴油机电控系统的应用范围。

5. 电控柴油机发展主要经历了哪几个阶段？

到目前为止，柴油机电控技术已经历了三代技术变化。

（1）第一代为凸轮压油、位置控制技术

在第一代位置控制式燃油系统中，基本保留了传统柴油机燃油系统的结构，只取消了机械式调速器，改为传感器、电控单元和执行器组成的电子控制执行机构，使控制精度和响应速度得到了一定程度的提高。位置控制式电控系统的优点是柴油机的基本结构几乎不需改动，便于对现有的柴油机进行升级换代。其不足之处是响应慢、控制精度不高、喷油压力不能独立控制。

（2）第二代为凸轮压油、时间控制技术

在第二代时间控制式燃油系统中，也保留了传统柴油机燃油供给系统的结构，通过新增加的传感器、电控单元和高速电磁阀（执行器）组成的数字式调节系统，由高速电磁阀直接控制高压燃油的喷射正时和喷油量。电磁阀关闭，执行喷油；电磁阀打开，喷油结束。因此，由电磁阀通、断时刻和通、断时间长短控制喷油正时和喷油量。其优点是，控制自由度大，供油加压和供油调节在结构上相互独立，可以简化喷油泵结构，强度得到提高，高压燃油喷射能力加强。其不足之处是供油压力还无法控制。

（3）第三代为共轨蓄压、电磁阀时间控制技术

这是一种新型柴油机电控技术，国内一般称为高压共轨系统。该技术基本改变了传统燃油供给系统的组成和结构，主要以电控共轨（各缸喷油器共用一个高压油管）式喷油系统为特征，对喷油器的喷油量、喷油正时、喷油速率和喷油规律、喷油压力等进行时间-压力控制。高压油泵并不直接控制喷油，而仅仅向共轨供油以维持所需的共轨压力，并通过连续调节共轨压力来控制喷射压力。

就高压共轨系统而言，德国博世（Bosch）公司已将该技术发展到了第三代共轨系统，而且一代比一代控制精度高、喷射压力高。到目前为止，排放达欧Ⅳ、欧Ⅴ标准的电控柴油机，其燃油喷射最高压力可达 200MPa。

高压共轨系统是目前世界上最先进的燃油系统，其优点是可实现高压喷射，最高压力已达 200MPa，喷射压力独立于发动机转速，即与发动机转速无关，可实现理想的喷油规律，具有优异的喷射特性，可实现多次喷射，能有效地抑制和减少尾气排放物中的有害成分。目前，高压共轨系统已广泛应用在电控柴油轿车、载货汽车、客车、工程机械、水泥搅拌车和牵引汽车柴油发动机上。

6. 国内电控柴油机应用现状？

目前，柴油机中最关键的电控燃油喷射技术，均来自德国博世公司、美国德尔福公司、德国西门子公司和日本电装公司。其中德国博世公司的高压共轨系统占据大多数市场，主要

应用在锡柴、玉柴、潍柴、朝柴及康明斯等一些发动机产品牌上，这些发动机主要装备一汽解放、陕汽、福田、江铃、江潍等一些载货汽车及金龙、宇通等一些载客汽车上；日本电装的共轨产品主要提供给一汽锡柴、上柴及重汽杭发生产的柴油发动机，这些发动机一般应用在一汽解放、重汽豪沃、福田欧曼、华菱等载货汽车上；美国德尔福共轨系统主要提供给玉柴发动机，应用在一些载客汽车上。

我国汽车行业先后从美国、德国、日本、意大利、奥地利和法国等国家引进了先进技术，经过消化、吸收，推出了一系列适合我国国情的、不同排量的电控柴油机，同时也正在努力开发具有自主品牌的电控柴油机。中国一汽与德国大众公司合作，先后生产出捷达、宝来、奥迪 A6 等电控柴油轿车，其尾气排放达欧Ⅲ标准。上海大众汽车公司也在帕萨特、波罗轿车上安装电控柴油机。昆明云内汽车公司推出了两款适合于轻型车使用的 D16TCI 和 D19TCI 电控柴油机，上海奇瑞也推出了三款小排量电控柴油机。在商用车方面，由各大柴油机制造公司合资生产的适合城市公交客车、豪华大巴和载货汽车、工种机械、牵引车、水泥搅拌车使用的电控柴油机更是名目繁多。

例如，广西玉柴机器集团有限公司生产的主要机型有 YC6M、YC6L、YC6G、YC6A、YC4F、YC4W 等，产品大量供应东风、北汽福田、宇通、一汽等厂家。玉柴生产的柴油机，其尾气排放大多达欧Ⅲ标准，有些机型达欧Ⅳ标准，例如 YC6L-40、YC4G260N-40，分别采用高压共轨和电控单体泵、每缸 4 气门技术、涡轮增压、中冷技术。为了使柴油机的排放达到欧Ⅳ标准，玉柴的 YC6L-40 型柴油机除了采用电控单体泵和增压中冷技术，还采用德国的 SCR（选择性催化还原后处理系统）。SCR 是目前欧洲的主流技术路线，在国内柴油含硫量较高的情况下，SCR 方案是中重型柴油机从欧Ⅲ走向欧Ⅳ的最好选择，因为 SCR 催化器排气后处理系统对硫相对不敏感。目前，玉柴的欧Ⅳ柴油机也使用在北京的公交车上。但欧Ⅳ排放标准柴油机价格高，玉柴 YC6L-40 柴油机比欧Ⅲ发动机价格高出 50%，欧Ⅳ柴油机推向市场仍然任重道远。

一汽集团所属的大柴、锡柴，锡柴与奥地利 AVL 公司合作开发的欧Ⅲ柴油机 6DL1-3ZE3，采用日本电装公司高压共轨 ECD-U2 技术、增压中冷技术，烟度小于 1.5FSN，噪声低于 95Db（A），排放达欧Ⅲ标准。大柴生产的 BF6M1013、BF4M1013 电控单体泵喷射系统柴油机，排放达欧Ⅲ标准。大柴与道依茨合作生产的 CA4DC、CA4DS、CA6DE、CA6DF 柴油机，其尾气排放达欧Ⅲ标准。

东风康明斯发动机公司生产的 ISBe、ISDe、ISLe 柴油机是引进美国康明斯技术合作生产的欧Ⅲ柴油机，它们被应用在公交客车、载货汽车、豪华旅游汽车和工程机械及特种车辆上。

上海柴油机公司与日本日野柴油机公司合作生产的 PIIC 系列柴油机，采用日本电装公司高压共轨技术，最高喷射压力达 180MPa，排放达欧Ⅲ标准，并且具有达欧Ⅳ标准潜质。日野 PIIC 电控柴油机适用于豪华旅游客车和重型载货汽车。

已经推出达到欧Ⅲ标准柴油机的部分国内厂家主要有广西玉柴、潍柴动力、上海柴油机股份有限公司、上海日野、一汽解放汽车有限公司无锡柴油机分公司、东风康明斯发动机有限公司、重庆康明斯发动机有限公司、华北柴油机厂、昆明云南动力股份有限公司、东风朝阳柴油机有限责任公司、江苏四达集团无锡柴油机厂、奇瑞动力、南京依维柯（IVECO）、北京福田环保动力股份有限公司发动机厂、南昌江铃汽车集团发动机有限责任公司等。一汽



集团无锡油泵油嘴研究所自主开发的高压共轨系统已在深圳、无锡、上海等地公交车上成功试用。清华大学、成都威特电喷有限责任公司合作开发的组合式电控单体泵已批量装车成功运用。

7. 柴油机电控技术的发展趋势是怎样的?

随着美国和欧洲各国排放法规日益严格，柴油机的燃油喷射系统在向高压喷射方向发展。西方国家柴油机已广泛采用电控泵喷嘴（时间控制式)、电控单体泵（时间控制式）和电控高压共轨（时间-压力控制式）燃油喷射系统来解决柴油机尾气排放污染问题。

柴油机电控技术的发展趋势主要有以下几个方面：

（1）高的喷射压力

为了满足排放法规的要求，柴油喷射压力从10MPa提高到200MPa。如此高的喷射压力可明显改善柴油和空气的混合质量，缩短着火延迟期，使燃烧更迅速、更彻底，并且控制燃烧温度，从而降低废气排放。排放可达欧Ⅳ、欧Ⅴ标准。

（2）独立的喷射压力控制

传统的柴油机供油系统的喷射压力与柴油机的转速及负荷有关。这种特性不利于车辆在低转速、部分负荷使用条件下的燃油经济性和排放要求。若供油系统具有不依赖转速和负荷的喷射压力控制能力，就可选择最合适的喷射压力、喷射持续期、最佳着火延迟期，使柴油机在各种工况下的废气排放最低而经济性最优。

（3）改善柴油机的燃油经济性

高喷射压力、独立的喷射压力控制、小孔径喷油、较高的平均喷油压力等措施都能降低燃油消耗率，从而提高柴油机的燃油消耗经济性。

（4）独立的燃油喷射正时控制

喷射正时直接影响着柴油机活塞上止点前喷入气缸的油量，决定着气缸的峰值爆发压力和最高温度。高的气缸压力和温度可以改善燃油消耗经济性，但会导致 NO_x 增加，而不依赖于转速和负荷的喷射正时控制能力，是在燃油消耗率和排放之间实现最佳平衡的关键措施。

（5）可变的预喷射控制能力

预喷射可以降低颗粒排放，又不至增加 NO_x 的排放，还可以改善柴油机冷起动性能、降低冷态工况下白烟的排放，降低噪声，改善低速转矩。但是预喷射量、预喷射与主喷射之间的时间间隔在不同工况下的要求是不一样的。因此具有可变的预喷射控制能力对柴油机的性能和排放十分有利。

（6）最小油量的控制能力

供油系统具有高喷射压力的能力与柴油机怠速所需要的小油量控制能力之间发生矛盾。当供油系统具有预喷射能力后，将能够使控制小油量的能力进一步提高。由于工程机械用柴油机的工况很复杂，怠速工况经常出现，而柴油机电控技术容易实现最小油量控制。

（7）快速断油能力

燃油喷射结束时，必须快速断油。如果不能快速断油，则在低压力下喷射的柴油就会因燃烧不充分而冒黑烟，导致HC的排放增加。电控柴油机喷油器上采用高速电磁阀开关就很容易实现快速断路。

（8）降低驱动转矩冲击载荷

燃油喷射系统在很高的压力下工作，既增加了驱动系统所需要的平均转矩，也加大了冲击载荷。燃油喷射系统对驱动系统平稳加载和卸载的能力，是一种衡量喷射系统的标准。而柴油机电控技术中的高压共轨技术则大大降低了驱动转矩冲击载荷。

二、柴油机电控系统的控制内容

8. 柴油机电控系统由哪几部分组成?

柴油机电控系统由电子控制单元 ECM 进行控制，电子控制系统由电控单元（ECM）、传感器和执行器组成，如图 1-3 所示。

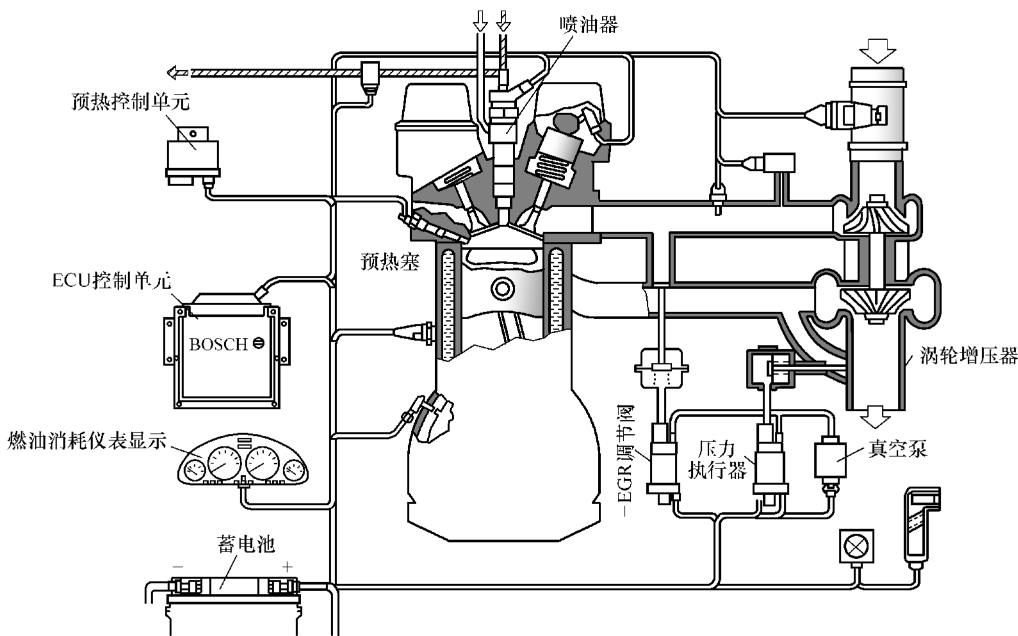


图 1-3 柴油机电控系统的组成

传感器的作用是检测柴油机和车辆运行状况信息，并把这些信息输送给 ECM。对于不同的燃油喷射系统，如直列泵、分配泵、泵喷嘴、单体泵和高压共轨喷射系统，所用的传感器数量多少并不一样。在图 1-3 中，传感器有发动机转速传感器、齿杆位置传感器、供油正时传感器、加速踏板位置传感器以及进气压力、进气温度传感器等。

电子控制单元负责处理传感器和各种开关输入的信息，并将控制指令发送到执行器。电子控制单元通过 CAN 总线还可以和其他控制系统进行通信，如底盘传感装置 ECU、ABS/ASR、AC 系统、SRS 系统的 ECU 等进行信息交流，以便对全车进行综合控制。

执行器执行电控单元发送的信息，并按指令调节喷油量和喷油正时，从而调节柴油机的运行状态。在直列泵系统中，有负责调节喷油泵齿杆位置的调速器执行器和负责调节喷油时间的喷油提前执行器。在分配泵系统、泵喷嘴、单体泵系统和高压共轨系统，还有电磁阀等执行器。



9. 柴油机电子控制系统的工作原理是怎样的?

柴油机电控系统的任务是对喷油系统进行电子控制，实现对喷油量以及喷油定时随运行工况的变化而进行实时控制。柴油机电子控制系统工作原理：

采用转速、加速踏板位置、喷油时刻、进气温度、进气压力、燃油温度、冷却液温度等传感器，将实时检测到的各种信号先送入模/数（A/D）转换器（如果输入信号是模拟量），然后通过电子控制单元的接口输入。

传感器在电子控制单元的储存器中，存有所需的发动机的调控参数或状态的目标数据。与已储存的设定参数值或参数图谱（MAP图）进行比较，如果两者相同，则整个柴油机电子控制系统保持原状态，发动机继续按先前状态运行。反之，当实际参数偏离目标参数时，电子控制单元则会根据该偏离值的大小和极性（正和负），按一定的控制策略进行有关信息的处理。

执行器根据ECU指令控制喷油量（供油齿条位置或电磁阀关闭持续时间）和喷油正时（正时控制阀开闭或电磁阀关闭始点），同时对废气再循环阀、预热塞等执行机构进行控制，使柴油机运行状态达到最佳。

10. 电控柴油机一般有哪些传感器?

1）进气温度和压力传感器。可以分别将柴油机进气（通过涡轮增压器后）的温度和压力转换成电压信号，这些信号经ECU处理后可以用于计算柴油机的进气量。

2）曲轴信号传感器。曲轴信号传感器安装在靠近曲轴正时齿轮或飞轮的位置，当曲轴上安装的柴油机转速脉冲齿轮通过传感器时，传感器内线圈的磁场发生变化，从而产生AC电压。柴油机ECU将AC电压作为检测信号检测出来，通过对电压信号的处理，可以得到柴油机转速、角加速度的瞬态值和平均值。

3）凸轮轴信号传感器。电控柴油机的凸轮轴上要有铁磁材料的信号轮。凸轮轴信号传感器安装在凸轮轴旁边。当凸轮轴转动时，凸轮轴信号传感器就会产生与凸轮廓线对应的电脉冲信号。凸轮轴信号主要用于对柴油机的运转状态做相角初定位。

4）冷却液温度传感器。常用的冷却液温度传感器是用热敏电阻制成的，通过铜材料外壳的保护，直接安装在柴油机的冷却液循环通道内的合适位置。控制系统将根据不同的冷却液温度实施相应的控制策略。

5）加速踏板位置传感器。在电控柴油机中，“油门”的功能由一个加速踏板位置传感器取代。其外观仍像传统的加速踏板，但它与供油量的控制没有任何机械的连接关系。在它的转轴位置安装着一个由精密导电塑料作为接触材料制成的电位器（也有汽车厂家采用霍尔元件），与加速踏板一起转动，可以将加速踏板的位置转角转换成电信号。控制系统通过对这一传感器材的采样可以了解驾驶人的操控意图，并结合其他控制要素的综合处理，最终控制供油量和供油时机。

6）废气再循环阀位置传感器。废气再循环（EGR）阀工作时连动着一个位置传感器，该传感器一般是由精密导电塑料制成的电位器，它将阀的位移量转换为电信号量。通过对这一传感器采样，控制系统可以获取废气再循环阀的当前开度，通过与开度期望值的比较，可以决定此刻应对该阀的控制动作。

11. 电控柴油机的主要执行器有哪些?

执行器就是执行 ECU 的指令，调节柴油机的供（喷）油量和供（喷）油正时。主要有以下几种。

1）电控高压燃油设备。对于柴油机电控系统，最重要的执行器就是电控高压燃油设备。

电控高压燃油设备有多种，结构原理虽有不同，但基本上都可以简单地看做一种逻辑控制动作：依靠供油控制电脉冲的前沿来控制供油开始时刻、依靠供油控制电脉冲的宽度来控制每次喷射的供油量。

2）废气再循环阀。废气再循环阀通常被简称为 EGR 阀，它是一种由比例电磁铁或真空腔控制的气阀，阀的开度决定了废气的再循环量（EGR 阀把一定比例的废气引入气缸）。废气的再循环量会对柴油机排放物中的 NO_x 含量有显著影响。在柴油机电控系统中，常使用脉宽驱动（PWM）方式来控制 EGR 阀开度。

3）控制开关。根据柴油机的工作状况，柴油机需要随时对一些辅助的、附属的电器做出各种控制动作，针对这一类的控制动作有各种不同的控制逻辑。例如，当柴油机冷却液温度达到某一较高值时，需要及时开启冷却风扇来散热。如果车辆运行速度较高而使冷却液温度低于某一数值时，需要及时关闭冷却风扇。对于需要较大工作电流的设备，常表现为由控制器驱动一些继电器来实现开关。而对于工作电流不是很大的设备，则可直接用控制设备的输出来驱动执行设备。

4）可调喷嘴增压器。可调喷嘴增压器是一种较新的柴油机增压设备部件，一般简称为 VNT，即可变喷嘴环涡轮机；也有的资料上称为 VGT，即可变几何参数涡轮机。该设备通过改变喷嘴环的角度调整涡轮机的工作性能，对于改善柴油机的低速转矩有极好的作用。

12. 电控柴油机的电子控制器是怎样的?

柴油机电控系统的电子控制器一般称为电控单元（ECU），也称为柴油机控制模块（ECM）。ECU 主要根据各传感器输入信号和内存程序，计算出供（喷）油量和供（喷）油开始时刻，并向执行元件发出执行令信号。

1）ECU 的控制功能。在电控柴油机中，ECU 是“大脑”。电控柴油机的所有机械部件只是使柴油机具备了能够发挥出效能的可能性，而只有在 ECU 的控制下，才能部分或全部发挥出其效能。

2）ECU 的硬件。从外观上看，ECU 就是一个铝外壳的扁平盒子，里边装有一块集成电路板。集成电路板上有个多路的连接器，所有的对外电路连接都通过连接器实现。集成电路板上一般是采用贴片制造工艺安装的电路元件，其中最重要的元件是一片单片计算机或称微控制器。另外，还有一些其他的元件完成一些辅助的输入输出功能。

3）ECU 的软件系统。ECU 既然是微型计算机系统，它的所有工作当然是受软件控制的。ECU 的软件系统完全的主要功能有单片计算机运行环境的配置、外部信号的输入操作、内部的逻辑运算和处理、对输出信号和驱动的控制、对其他信号系统的通信等。

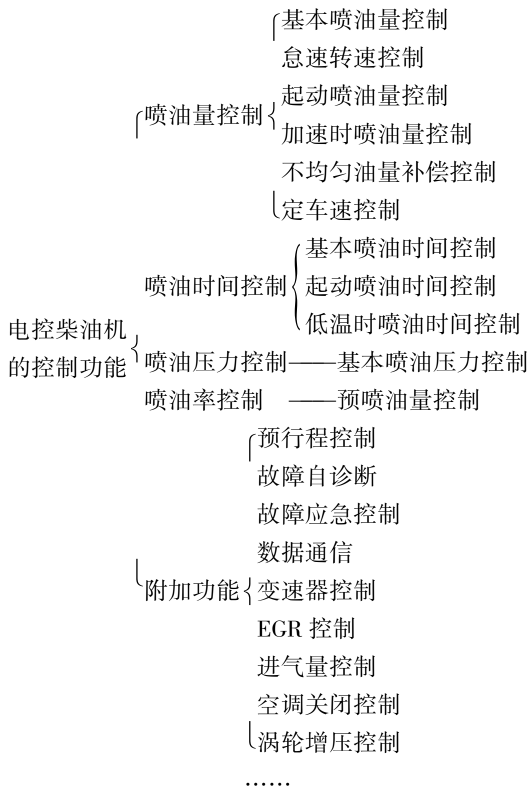
4）ECU 的标定与调试。在 ECU 控制柴油机的工作过程中，有一些专用控制参数能够决定控制效果。这些控制参数的不同取值会不同程度、不同范围地影响最终控制效果。其中



最重要的是每次喷射的供油量和供油相位。确定这些控制参数在每一个特定的工况条件下最佳取值量的调试过程称之为标定。调试与标定过程需要利用另一台计算机，通过与 ECU 的通信，在 ECU 实时控制柴油工作的过程中对每个工况进行标定。

13. 柴油机电控系统的主要功能有哪些？

电控柴油机可以有效改变传统柴油机尾气排放污染严重等问题，其控制功能主要是对柴油机喷油量和喷油时间进行了有效控制，使混合气燃烧充分。电控柴油机还对发动机怠速、进气、燃油喷油、空调、涡轮增压、EGR 阀、故障诊断等进行控制。在高压共轨系统中，利用压力传感器测量共轨内的燃油压力，从而调整了油泵的供油量。喷油器电磁阀开启时间长短，控制喷油时间。主要功能如下：



14. 柴油机电控系统有哪些主要特点？

1）能够智能化地控制燃油喷射量和根据柴油机的工作状况控制喷油提前角，有效地提高了柴油机的燃料经济性、动力性和排放质量。

2）改善了柴油机的调速特性，由 ECU 控制代替了传统的离心式调速器，使转速控制更精确、更可靠。

3）提高了柴油机的冷起动（低温起动）性能，ECU 可通过冷却液温度传感器或机油温度传感器确定柴油机是否处于冷起动。ECU 接受传感器信号后，根据信号参数值对喷油量和喷油正时进行优化控制，使之既能起动容易又避免了柴油机起动时冒白烟。另外，ECU 只要确认柴油机是在低温下怠速运转，就会将柴油机的转速提高至 800～900r/min，并且，如果此时在柴油机冷却液温度或机油温度低于最低限值，ECU 则不会接收油门位置的任何

输入信号。

4）降低柴油机的排烟。ECU 根据加速踏板开度、冷却液温度、机油温度以及涡轮增压器的进气压力，精确地控制喷油量和喷油正时，使尾气排放更加理想化。

5）减小柴油机排气污染。为了实现这一目标，提高了喷油器的制造精度，提高了燃油的喷射压力，提高了柴油机各缸喷油量的一致性，可以在电磁阀的标牌上查到校准码，通过仪器向 ECU 输入每个喷油器电磁阀的校准码。

6）可通过程序实现对柴油机的功率进行重新编程。对一定型号的柴油机，可以设计三种不同的功率状态。

7）由于取消了机械调速器，减少了维修任务。

8）具有柴油机的保护功能。当 ECU 测知传感器的信号失控时，ECU 除了闪烁警告灯以提醒驾驶人注意外，同时减少喷油量，甚至使柴油机熄火。

9）具有柴油机自我诊断功能。ECU 对电控系统所有传感器、执行器、连接器及其电路的断路、短路、信号失真等故障，均可以进行连续性的监测，如发现电控系统有故障，便储存故障码，必要时可以起动安全保护功能；维修时则可通过仪器读取故障码、数据流以及波形，以利于快捷维修。

10）提高了柴油机运转稳定性、动力性和经济性。ECU 可根据柴油机的曲轴位置传感器和凸轮轴的位置传感器的信号，准确地测知柴油机的转速信号和凸轮轴的位置，再根据柴油机工况提供的其他信号，准确地控制喷油量和喷油提前角，使柴油机始终工作在最佳状态，也就是说，无论负荷怎样变化，都能保证柴油机在任何工况下稳定良好运转，有利于提高其经济性。

11）适应性广。只要改变 ECU 的控制程序和数据，一种喷油泵就能广泛用在各种柴油机上，而且柴油机燃油喷射控制可与变速器控制、怠速控制等各种控制系统进行组合实现集中控制，有利于缩短柴油机电控系统开发周期，并降低成本。从而扩大柴油机电控系统的应用范围。

15. 燃油喷射控制系统包括哪些内容？

燃油喷射控制主要包括供（喷）油量控制、供（喷）油正时控制、供（喷）油速率控制和喷油压力控制等。

16. 什么是供（喷）油量控制？

供（喷）油量控制是柴油机电控燃油喷射系统最主要的控制功能之一。在起动、怠速、正常运行等各种工况下，ECU 根据发动机转速信号、负荷信号（加速踏板位置信号）和内存控制模型来确定基本供（喷）油量，再根据冷却液温度信号、进气温度信号、进气温度信号、起动开关信号、空调开关信号、反馈信号等对供（喷）油量进行修正。

17. 什么是供（喷）油正时控制？

供（喷）油正时控制也是柴油机电控燃油喷射系统最主要的控制功能之一。在柴油机电控燃油喷射系统中，ECU 根据发动机转速信号、负荷信号和内存的控制模型来确定基本的供（喷）油提前角，再根据反馈信号进行修正。

18. 什么是供（喷）油速率和供（喷）油规律的控制？

在柴油机电控燃油喷射系统中，ECU 以柴油机转速信号和负荷信号作为主控制信号，



按预设的程序确定最佳的供（喷）油速率和供（喷）油规律。

19. 什么是喷油压力的控制？

在柴油机电控燃油喷射系统中，ECU 以柴油机转速信号和负荷信号作为主控制信号，按预设的程序确定最佳的喷油压力，并对喷油压力进行闭环控制。

20. 什么是柴油机低油压保护？

柴油机机油压力过低时，ECU 根据机油压力传感器信号减少供（喷）油量，降低转速并报警；当机油压力降到一定值以下时，则切断燃油供给，强制使发动机熄火。

21. 什么是增压器工作保护？

装有增压装置的柴油机，增压压力过高会造成中冷器和气缸内最高压力升高；增压压力过低则会导致进气量不足使排气温度升高。因此 ECU 根据增压压力信号适当调节供（喷）油量，并在增压压力过高或过低时报警。

22. 怠速控制系统包括哪些内容？

柴油机的怠速控制主要包括怠速转速控制和怠速时各缸均匀性的控制。

23. 什么是怠速转速的控制？

怠速工况时，ECU 以柴油机转速信号和负荷信号作为主控制信号，按内存程序确定怠速时的供（喷）油量，并根据冷却液温度信号、进气温度信号、空调开关信号、转速（反馈）信号等，对怠速供（喷）油量进行修正控制，使怠速转速保持稳定。

24. 什么是各缸均匀性的控制？

在第二代共轨式柴油机电控燃油喷射系统中，由 ECU 分别对各缸的喷油器进行控制（顺序喷射控制），ECU 可以通过精确测定曲轴转速，根据各缸做功行程中曲轴转速的变化确定各缸供（喷）油量的偏差，然后进行补偿调节。

25. 进气控制系统包括哪些内容？

柴油机的进气控制主要包括进气节流控制、可变进气涡流控制和可变配气正时控制。

26. 什么是进气节流控制？

ECU 主要根据柴油机转速信号和负荷信号，控制设在进气管中的节气门开度，以满足不同工况对进气流量的不同要求。

27. 什么是进气涡流控制？

ECU 以柴油机转速和负荷作为主控制信号，按内存的程序对进气涡流强度进行控制，以满足不同工况对进气涡流强度的不同要求。

28. 什么是气门驱动控制？

ECU 根据柴油机转速信号和负荷信号，按内存程序控制气门驱动机构，以改变配气正时和气门升程，满足发动机不同工况的要求。

29. 什么是增压控制系统？

柴油机的增压控制主要是由 ECU 根据柴油机转速信号、负荷信号、增压压力信号等，通过控制废气旁通阀的开度或废气喷射器的喷射角度、涡轮增压器废气进口截面大小等措施，实现对废气涡轮增压器工作状态和增压压力的控制，以改善柴油机的转矩特性，提高加

速性能，降低排放和噪声。

30. 什么是排放控制系统？

柴油机的排放控制主要是废气再循环（EGR）控制。ECU 主要根据柴油机和负荷信号，按内存程序控制 EGR 阀开度，以调节 EGR 率。

31. 起动控制系统包括哪些内容？

柴油机起动控制主要包括供（喷）油量控制、供（喷）油正时控制和预热装置控制。其中供（喷）油量控制和供（喷）油正时控制与其他工况相同。柴油机冷起动时的预热装置一般都是电加热装置（如进气预热塞等），ECU 根据柴油机起动时的冷却液温度决定电加热装置是否通电以及通电持续时间，并在柴油机起动后或起动温度较高时，自动切断电加热装置电源。

32. 什么是巡航控制系统？

带有巡航控制功能的柴油机电控系统，当通过巡航控制开关选定巡航控制模式后，ECU 即可根据车速信号等自动维持汽车以一定车速行驶。

33. 什么是故障自诊断和失效保护系统？

柴油机电控系统中也包含故障自诊断和失效保护两个子系统。柴油机电控系统出现故障时，自诊断系统将点亮仪表板上的“故障指示灯”，提醒驾驶人注意，并储存故障码，检修时可通过一定的操作程序读取故障码等信息；同时失效保护系统起动相应保护程序，使柴油机能够继续保持运转或强制熄火。

34. 什么是柴油机与自动变速器的综合控制系统？

在装备电控自动变速器的柴油车上，将柴油机控制 ECU 和自动变速器控制 ECU 合为一体，实现柴油机与自动变速器的综合控制，以改善汽车的变速性能。

三、电控柴油机燃油系统类型与特点

35. 电控柴油机的燃油系统是如何分类的？

电控柴油机的燃油系统有按控制方式和按产生高压燃油的装置两种分类方法。

1）电子控制燃油系统按产生高压燃油的装置分类，可以分直列泵电控喷射系统、电控分配泵喷射系统、泵喷嘴喷射系统、单体泵喷射系统和高压共轨喷射系统五种。

目前电控柴油机的燃油喷射形式以泵喷嘴、单体泵和高压共轨占主导地位。

2）电子控制燃油系统按控制方式分类，可分为位置控制式、时间控制式。

36. 第一代位置控制式电控燃油系统是怎样的？有几种？

第一代位置控制式燃油系统是位置控制式电控柴油喷射系统，它保留了传统柴油机的高压油泵—高压油管—喷油器（PLN）、控制齿条、齿圈、滑套、柱塞上的螺旋槽等油量控制机构，只是对齿条或滑套的移动位置进行电子控制。用电子调速器代替了传统机械式离心调速器，用发动机转速传感器和加速踏板位置传感器代替了原有的转速和负荷传感机构（如离心飞块、真空室等），用 ECU 控制的电子执行机构代替了机械离心式调速执行机构和加速踏板传动机构。

第一代位置控制式电控燃油系统，主要有直列柱塞泵和转子分配泵两种位置控制机构。



（1）电控直列柱塞泵的燃油系统

电控直列柱塞泵的燃油系统的喷油量控制装置采用占空比电磁阀式或直流电动机式电子调速器，其反馈元件是齿条位置传感器。

（2）电控转子分配泵的燃油系统

电控转子分配泵供油量装置采用转子式或占空比电磁阀式电子调速器。采用转子式电子调速器的供油量控制装置。

在位置控制式电控柴油喷射系统中，对喷油量控制是根据 ECM 发出指令由齿杆或溢油环的位置进行控制的；对喷油时间的控制是根据 ECM 的指令由发动机驱动轴和凸轮轴的相位差进行控制的。ECM 根据各种传感器检测出的发动机的运行状态及环境状况等，计算出适合发动机运行的最佳控制量，并向执行机构发出指令，控制执行器工作。

一汽捷达轿车 SDI 电控柴油喷射系统，就是采用博世电子控制轴向压缩式分配泵实现位置控制式喷射系统。

37. 第二代时间控制式电控燃油喷射系统是怎样的？

第二代柴油机电控喷射系统利用时间控制方式，对供油量实行位置控制，其特点是以模拟量来控制执行元件的工作，通过对喷油泵油量控制机构的定位来获得所需的供油量。闭环控制供油量的反馈信号也是由模拟信号传感器检测，ECU 对模拟信号进行 A/D 转换后才能处理，所以供油量控制精度和执行元件的响应速度都较差。在位置控制方式中，所用的电子调速器需要由部分机械装置完成对喷油泵供油量的调节，这也会降低控制精度和响应速度。采用时间控制方式，可以弥补位置控制的不足。

第二代柴油机电控喷射系统主要有电控单体式喷油器、电控单体泵系统和时间控制式电控转子分配泵喷油系统。

（1）电控单体式喷油器系统

电控单体式喷油器系统即电控泵喷嘴系统，其喷油量由安装在喷嘴总成上的电磁阀关闭时间决定，喷油正时由电磁阀关闭时间决定，所以称作时间控制式电控柴油喷射系统。

电控泵喷嘴没有高压油管，没有机械式供油量调节齿杆。喷油量和喷油正时由 ECM 根据各种传感器输入的信号和加速踏板位置信号，使电磁阀关闭执行喷油，电磁阀打开喷油结束。在电控泵喷嘴系统中，由于没有高压油管，所以具有很高的机械强度，喷油压力可达 200MPa 以上。

电控泵喷嘴可应用于小型客车、轻型车及中重型载货汽车柴油机上，其尾气排放可达欧Ⅳ标准以上。一汽大众宝来 TDI 电控柴油机采用博世电控泵喷嘴系统。

（2）电控单体泵系统（FUP）

电控单体泵和电控泵喷嘴一样，高压燃油仍然由套筒内做往复运动的柱塞产生，喷油量和喷油正时控制，则由 ECM 根据各种传感器输入的信号控制电磁阀关闭执行喷油，电磁阀打开喷油结束。在单体泵总成内的每个单体泵上部都设置了一个高速电磁阀，喷油时间和喷油量由电磁阀的接通/断开控制的。这就是电磁阀时间控制，属于时间控制式第二代电控喷射系统。

电控单体泵有高压油管，和电控泵喷嘴一样没有机械式供油量调节齿条，传统喷油泵中的齿圈、滑套、柱塞上的斜槽、提前器、齿杆等全部取消。每个单体泵实际上是个独立的柱塞泵，柱塞只负责供油和加压，而供油量和供油时刻由柱塞上部的高速电磁阀单独完成。因

此供油加压与供油调节在结构上互相独立，分别由柱塞和电磁阀完成。

电控泵喷嘴和电控单体泵有许多相似之处，单体泵系统是由博世公司喷油泵—高压油管—喷油嘴（PLN）衍化而来，现已广泛应用在美国和欧洲各国的电控柴油车上，在柴油轿车和中重型柴油货车上都得到广泛应用。电控单体泵系统，喷射压力可达200MPa左右，其燃油经济性好，排放可达欧Ⅳ标准。我国玉柴公司引用美国德尔福（Delphi）电控单体泵，研制和开发了排放达欧Ⅳ标准的YC6G、TC6L、TC4G系列电控单体泵燃油系统。

我国成都威特公司研制的电控组合泵，即电控单体泵具有自主知识产权，并配装在玉柴、潍柴的柴油机上，性能可靠。该单体泵适合于缸径在95～105mm、转速在3000r/min以下的轻型或中型载货汽车柴油机上。

我国玉柴等柴油机公司引进美国德尔福（Delphi）单体泵系统，研制和开发了多款不同排量的电控柴油机，并已装车使用。如玉柴的YC6G、YC6L、YC4G系列电控柴油机。

（3）时间控制式电控转子分配

采用时间控制式的转子分配泵系统已经取消了油量控制滑套，也取消了泵油柱塞上的回油槽。

高速电磁阀安装在泵油柱塞顶部高压油腔的回油通道中，它由控制器操纵控制，而控制器又由ECU控制。驱动器的作用是将控制器输出的信号放大后作为电磁阀的驱动电流。在喷油泵内安装有电磁感应式或霍尔式泵角传感器，用于检测喷油泵驱动轴的位置和转角，传感器将信号输入控制器，控制器再将泵角传感器输入的转角信号传递给ECU，使ECU确定柴油机转速。后期开发的转子分配泵时间控制系统，一般将控制器、驱动器和ECU组合成一体。

38. 第三代电控共轨式燃油系统是怎样的？有几种？

第三代电控燃油喷射系统是电控共轨式燃油喷射系统。共轨电喷技术是指在高压油泵、压力传感器和电子控制装置（ECU）组成的闭环系统中，将喷射压力的产生和喷射过程彼此完全分开的一种供油方式。

共轨技术是指用一个公共油轨，高压（或中压）输油泵、压力传感器和ECU组成的闭环系统独立控制喷油压力的供油方式。在电子控制共轨燃油系统中，由高压（中压）输油泵将高压燃油输送到公共油轨，ECU对共轨内的油压和喷油时间进行控制。其中，保持喷油压力一定，通过控制喷油时间来控制喷油量，为“时间-压力控制”方式；保持喷油时间一定，通过控制喷油压力来控制喷油量，为“压力控制”方式。

共轨柴油系统按油轨压力大小可分为高压油轨和中压油轨两种基本类型。按控制喷油器喷油的电控执行元件的不同，共轨系统可分为电磁阀式和压电式两种类型。

（1）高压共轨系统

高压共轨系统不再采用喷油系统的柱塞泵分缸脉动供油原理，而是用一个设置在高压油泵和喷油器之间的具有较大容积的共轨管，把喷油泵输出的燃油蓄积起来并抑制压力波动，再通过各高压油管输送到每个喷油器上，ECU根据柴油机的工作需要控制高速电磁阀迅速打开或关闭，电磁阀起作用的时刻决定喷油定时，其起作用的持续时间和共轨压力共同决定喷油量。此类系统一般“时间-压力控制”方式用得最多。

我国一汽奥迪A6电控柴油轿车，其发动机燃油供给系统采用博世公司的第三代共轨技术，喷油压力可达160MPa。



东风康明斯、玉柴、大柴、潍柴等公司引进国外技术生产的高压共轨电控柴油机有ISBE、ISDE、ISLE、YC4F、YC4W75-30、CA6DE3、CA4DC2、6DL-35R、WP10、WP1Z，南京 IVECO 公司生产的 8140. 43S、8140. 43N 等柴油机。这些电控柴油机应用在城市公交车、旅游客车、轻型和中重型载货汽车上，尾气排放在欧Ⅲ标准。

（2）中压共轨系统

中压共轨系统中，输油泵输出的燃油是中、低压燃油，压力为 10～30MPa，由此压力燃油进入共轨，然后进入喷油器。ECU 根据柴油机的工作需要通过高速电磁阀控制喷油器开闭。喷油器中有液压放大结构（即增压器），燃油在此被加压到 120MPa 以上，然后再喷入气缸。此类系统一般通过控制共轨中的油压来控制喷油量，即采用“压力控制”方式。

（3）压电式共轨系统

高压、中压共轨系统均属电磁阀式共轨系统，即利用电磁阀作为执行元件，通过控制喷油器的开始与结束来实现燃油喷射控制。而在压电共轨系统中，则是利用压电晶体作为执行元件，通过控制喷油器喷油开始与结束来实现燃油喷射控制。

我国已引进德国博世公司高压共轨技术和日本电装公司高压共轨技术，并将其应用在中重型电控柴油机上，其中主要有东风康明斯公司的 ISBe、ISMe，玉柴的 YC4F、YC4L 等，锡柴的 6DL2-35E3、CA6DF3 等，上柴的 6CK300-3、P11C、J08C 等，大柴的 CA6DE3 等，潍柴的 WP10、WP12 及南京依维柯 8140. 43、8140. 43N 等。这些电控柴油机的排放均达欧Ⅲ标准。

39. 高压共轨系统与中压共轨系统的主要区别有哪些?

高压共轨系统与中压共轨系统的主要区别在于高压燃油的获得方式不同，前者由高压燃油泵直接提供，而后者则借助于增压柱塞增压后获得。

40. 什么是高压共轨系统?

高压共轨系统是指由高压输油泵（压力在 120MPa 以上）直接产生高压燃油输送至共轨中，经消除压力的脉动后，再分送到各喷油器；ECU 根据柴油机的工作需要控制高速电磁阀迅速打开或关闭，进而控制喷油器按设定的要求开始喷油或停止喷油。此类系统一般采用“时间－压力控制”方式，又称第一代共轨式电控燃油喷射系统。

41. 什么是中压共轨系统?

中压共轨系统是指由中压输油泵（压力为 10～13MPa）将中压燃油输送到共轨中，经消除压力的脉动后再分送至带有增压作用的喷油器；ECU 根据柴油机的工作需要通过高速电磁阀控制喷油器开始喷油或停止喷油，与高压共轨系统不同的是，在喷油开始前，喷油器内的增压装置先对来自共轨的中压柴油进行增压，使之达到规定的喷油压力（120～150MPa）。此类系统一般通过控制共轨中的油压来控制喷油量，即采用“压力控制”方式，也是第二代共轨式电控燃油喷射系统。

42. 什么是压电式共轨系统?

第一代和第二代共轨系统均属电磁阀式共轨系统，即利用电磁阀作为执行元件，通过控制喷油器喷油的开始与结束来实现燃油喷射控制。而在压电式共轨系统中，则是利用压电晶体作为执行元件，通过控制喷油器针阀的升程（或喷油开始与结束）来实现燃油喷射控制。压电式共轨系统也被称为第三代共轨式电控燃油喷射系统。

43. 压电共轨系统有哪些特点?

第一代共轨系统中最高压力约 140MPa，由于始终保持很高的压力，导致系统密封难度大及燃油温度高，即使是预喷射和后喷射功能（包括主喷射在内 3 次喷射）也难以实现。第二代共轨系统中的压力较低，且可根据发动机需求而调节共轨中的压力，利用高速电磁阀的快速开闭可实现预喷射和后喷射功能，但受电磁阀工作特性的限制，也难以实现多次喷射功能。第三代共轨系统即压电式共轨系统具有喷射压力高、控制精度高、切换频率高、响应速度快、节能、寿命长等优点，可使喷油速率、喷射规律以及精确度达到最优。

压电式共轨系统是指采用了压电技术的共轨系统，主要是控制喷油器的执行元件用压电元件取代了电磁阀，用压电元件作为控制执行元件的喷油器称为压电式喷油器。由于压电元件在施加电压以后的 0.1ms 以内就会发生形变，所以压电式共轨系统的响应速度快。也正是由于压电元件具有快速的响应性，才能实现高频率切换（切换频率为电磁阀的 5 倍）和高精度控制，压电式喷油器每个工作循环的喷射次数可达 5 次（电磁阀式喷油器为 3 次），最小喷射间隔时间可达 0.1ms，最小喷射量可控制在 0.5mm^3 以下。此外，压电式共轨系统压力可以在 20～180MPa 内弹性调节。

44. 柴油机供油系统电控技术的类型有几种?

在柴油机供油系统中采用电子控制技术，主要是通过电控技术来实现对喷油泵喷油量、喷油正时、喷油速率及喷油压力的控制。根据对柴油机不同喷油量和喷油时间的控制，可将柴油机电控喷射系统分为两类：以“时间控制”或“位置控制”为目标的第一代柴油机电控喷射系统，在不改变喷油压力的前提下，控制喷油量和喷油正时，主要包括直列柱塞泵电控系统和分配泵电控系统；以“压力控制”为目标的第二代柴油机电控喷射系统，喷油压力较传统燃油喷射系统有所提高，主要包括泵喷嘴电控系统和共轨式电控燃油喷射系统。

第二章

电控柴油机燃油系统

一、电控直列泵燃油系统

45. 电控直列泵由哪些部分组成？

柴油机电控燃油喷射系统的第一代产品，是在直列柱塞泵的基础上改造的。与传统燃油供给系统相比，直列柱塞泵电控系统在喷油量和喷油时间等方面均采用电控技术。

该系统利用电子调速器取代原有的机械调速器，控制喷油量多少的供油齿条或拉杆由电子调速器进行驱动，从而控制供油量；用正时提前器取代原有的机械离心式供油提前角自动调节器，喷油正时由喷油提前器（正时控制器）进行调节。执行机构控制发动机驱动轴和喷油器凸轮轴间的相位差，从而控制喷油时间。并分别通过供油拉杆（或齿条）位置传感器和喷油正时传感器对喷油器和喷油正时进行闭环控制，对喷油量和喷油正时进行控制。调速器执行机构和提前器执行机构是电子控制直列泵燃油系统中的两个特殊机构。

电子控制直列泵燃油系统主要由 ECU、执行器（电子调速器和喷油定时器）以及喷油泵等部件组成，如图 2-1 所示。

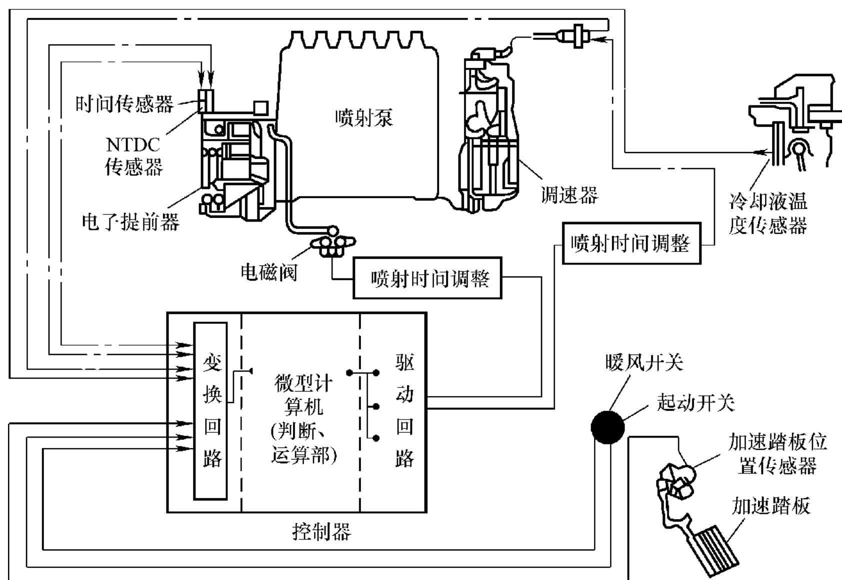


图 2-1　电控直列泵燃油系统

博世电控直列泵燃油系统如图 2-2 所示。

46. 电控直列泵有什么特点？

电子控制直列式燃油系统和传统的机械燃油系统相比具有如下特点。

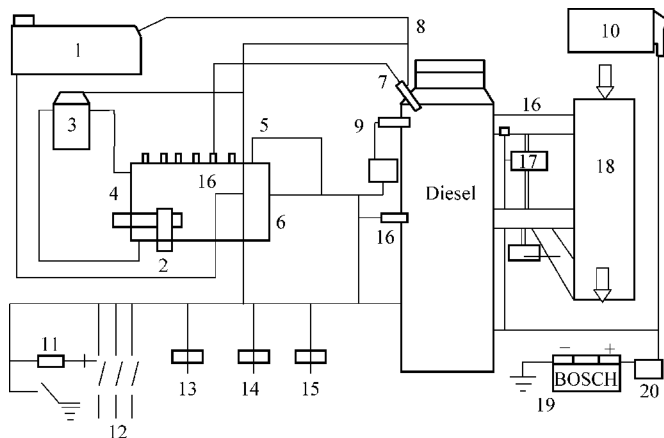


图 2-2　博世电控直列泵燃油系统

1—油箱　2—喷油泵　3—燃油滤清器　4—直列式喷油泵　5—定时器　6—调速器　7—喷油器　8—回油管　9—预热塞　10—ECM　11—故障指示灯　12—离合器、制动器和排气制动开关　13—变速杆　14—加速踏板位置传感器　15—发动机转速传感器　16—温度传感器（冷却液、空气、燃油）　17—进气压力传感器　18—涡轮增压器　19—蓄电池　20—预热塞和起动开关

1）对于机械控制燃油系统来说控制自由度较大。机械式燃油系统中基本控制信息是发动机转速和加速踏板位置，而且这两个基本参数要转换成飞块的离心力和弹簧的作用，通过力的平衡关系控制齿条的位置。

作为补偿控制信息有冷却液温度和进气压力。这些基本参量也必须以适当方式转换成作用力，并通过杠杆机械调节弹簧，从而控制齿杆位置，因此，必须在弹簧特性的范围内设定控制方式。所以，自由度很小。此外，信息量多一点，则杆系复杂，装置庞大。由于在发动机上的安装约束，从而限制了控制信息量。

在电子控制燃油系统中，发动机的状态和环境条件都可以用各种传感器检出，电子控制单元则可计算、判断出最适合于发动机状态的控制条件，并输出到执行器。

此外，信息检测过程中，不需要各种机械杆件，所以信息量的多少不受制约。可以从最合适的位置检出最适当的信息。

2）可以检测控制对象，并可进行反馈控制。所以，因机械磨损而引起的时间效应可以给予补偿，控制精度高。

3）为了提高服务性和安全性，可以追加故障诊断和故障应急等功能。

4）通过数据信息传输功能，可以提高全系统的功能，而且可使机械简单。

5）只要 ECR 中的程序，就可以改变工作过程。

47. 电控直列泵的工作原理是怎样的？

从各个传感器传来的信号输入电控单元（ECU），经过 ECU 计算处理，与柴油机负荷及转速状态相适应的信号送往电子调速器和电磁阀，使调速器和正时控制器（定时器）动作。同时，调速器和正时控制器中的传感器，也把各自的反馈信号输入 ECU，以达到控制喷油量和喷油时间的目的。



48. 电控直列泵是怎样控制喷油量的?

安装电子调速器的柱塞泵电控系统，其喷油量控制是由 ECU 通过控制电子高速器来实现的。柴油机工作时，ECU 根据加速踏板位置传感器信号（即负荷信号）和柴油机转速信号确定基本供油量，并参考冷却液温度、进气流量等传感器信号对供油量进行修正。然后通过 ECU 中的伺服电路控制电子调速器工作，以改变或保持直列柱塞泵油量调节拉杆（或齿条）的位置，使直列柱塞泵的供油量达到预期的控制目标。

49. 电控直列泵是怎样控制喷油正时的?

柱塞泵电控系统中采用正时控制器，通过控制供油时刻来控制喷射定时。直列柱塞泵采用电控液压式正时控制器，根据对油路中机油压力控制方式不同，可分为电磁阀型正时控制器和步进电动机型正时控制器两种。

1）直列柱塞泵的供油时刻随液压腔内机油压力的变化而变化，而机油压力的改变受 ECU 的控制，ECU 通过控制供油电磁阀和回油电磁阀的开闭来实现对液压腔内油压的控制。

2）与电磁阀式正时控制器不同，步进电动机正时控制器内机油压力的变化是由步进电动机控制阀进行控制的。图 2-3 所示为步进电动机控制阀结构图。

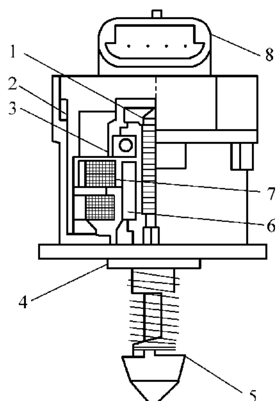


图 2-3　步进电动机控制阀结构

1—丝杠机构　2—密封圈　3—后轴承　4—前轴承　5—控制阀　6—转子　7—定子　8—线束连接器

50. 电控直列泵喷油正时电控系统由哪些部分组成?

电子提前器即喷油正时控制器（定时器）是通过改变发动机曲轴和喷油泵凸轮轴之间的相位即喷油提前角，来实现对喷油定时控制。

直列泵供油正时的电控系统主要由正时控制器、电磁阀、柴油机转速传感器、正时传感器和 ECU 等组成，如图 2-4 所示。两个电磁阀分别安装在正时控制器进、回油路中，控制正时控制器工作的液压油来自柴油机润滑系统。正时控制器安装在直列柱塞泵驱动轴与凸轮轴之间，受液压控制的正时

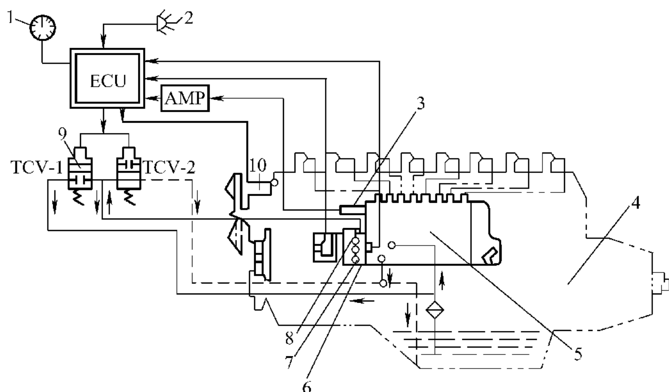


图 2-4　直列泵供油正时的电控系统的组成

1—转速表　2—故障指示灯　3—供油齿条位置传感器　4—柴油机　5—喷油泵　6—正时传感器　7—正时控制器　8—转速传感器　9—电磁阀　10—冷却液温度传感器

控制器可使直列柱塞泵凸轮轴相对驱动轴在一定范围内转动。柴油机转速传感器安装在直列柱塞泵驱动轴上，ECU 主要根据柴油机转速和负荷传感器信号确定基本供油提前角，再根据冷却液温度等传感器信号进行修正，并通过两个电磁阀控制正时控制器工作，来实现对直列柱塞泵供油正时的控制。正时传感器安装在直列柱塞泵凸轮轴上，用来检测凸轮轴的位置和转角，ECU 根据正时传感器信号判断实际的供油正时，并对供油正时进行闭环控制。

51. 电控直列泵中，实现供油量“位置控制”的电子调速器有几种？结构是怎样的？

在直列泵电控系统中，实现供油量“位置控制”常用的电子调速器有线性直流电动机型（图 2-5）和螺线管型（图 2-6）两种。电子调速器包括移动控制杆的电磁绕组（电动机）和检测拉杆位置的传感器。

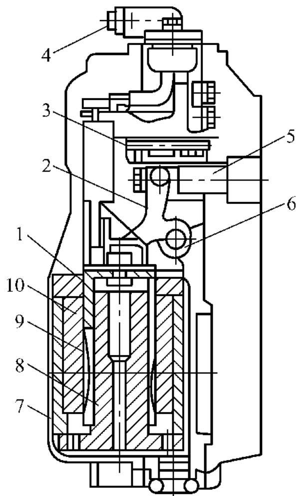


图 2-5　线性直流电动机型电子调速器
1—滑套　2—杠杆　3—拉杆位置传感器　4—线束连接器　5—油量调节拉杆　6—杠杆轴　7—上壳　8—铁心　9—可移动绕组　10—永久磁铁

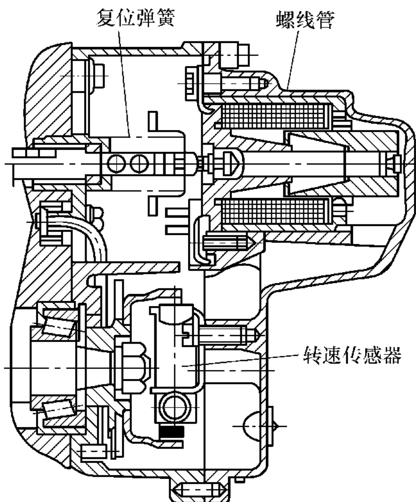


图 2-6　螺线管型电子调速器

转速传感器的作用是，检测发动机的转速。传感放大器的作用是，将检测到的齿杆位置传感器的信号放大后输入 ECM 中。

在电子控制直列泵燃油系统中，电子调速器执行的作用相当于机械调速器的飞块。在电子调速器中电磁作用力或液力代替离心力控制齿杆的移动，从而完成调速作用。电子调速器主要由线性螺线管、齿杆位移传感器、转速传感器和传感器放大器组成。

线性螺线管的作用是，控制线圈中的电流，使喷油泵的齿杆移动。

齿杆位置传感器由线圈和铁心组成，用于检测调节齿杆的位置。

52. 电控直列泵的电控液压式电磁阀型正时控制器的工作原理是怎样的？

电控直列泵的电控液压式电磁阀型正时控制器的工作原理如图 2-7 所示。图中四个沿轴向布置的液压活塞在较低液压时就能运动。活塞运动推动滑块克服弹簧力向外运动，滑块又通过滑块销使双偏心轮传动，双偏心轮的构造改变了驱动轴与凸轮轴之间的相位。由于活塞仅通过斜面来推动滑块，并不是通过铰链，因此即使液压系统失灵，滑块靠离心力仍可向外



运动，像机械式喷油提前器那样起作用，目的是避免柴油机排气温度过高或严重冒烟。这时由于无液压力，提前角达不到所要求的角度。

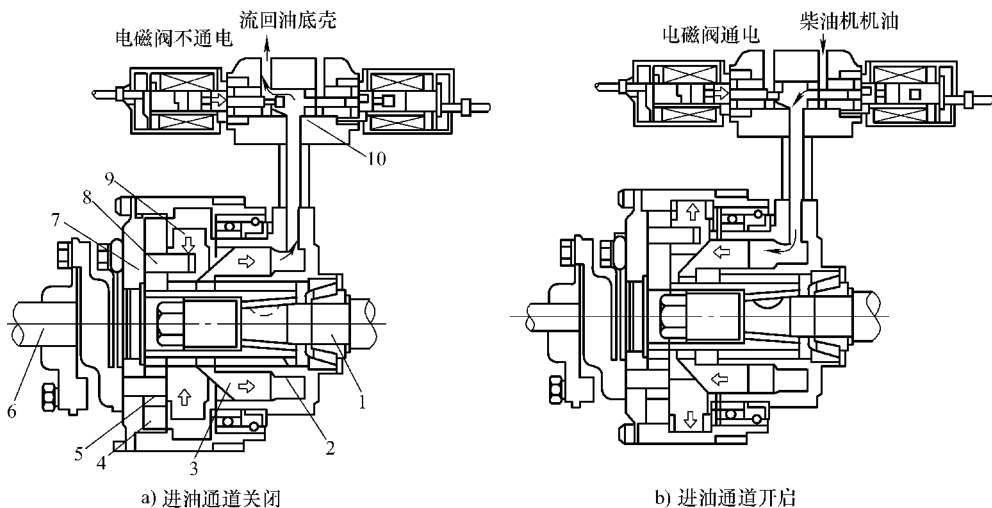


图 2-7　电控直列泵的电控液压式电磁阀型正时控制器的工作原理
1—凸轮轴　2—液压腔　3—液压活塞　4—大偏心轮　5—小偏心轮
6—驱动轴　7—驱动盘　8—滑块销　9—滑块　10—电磁阀

53. 电控直列柱塞泵步进电动机的工作原理是怎样的？

电控直列柱塞泵步进电动机型正时控制器如图 2-8 所示。凸轮绕凸轮轴顺时针旋转，滚轮体安装在一个可横向移动的滑套内。滑套左侧承受弹簧弹力，右侧受机油压力的作用。当控制阀向内收缩时，进油通道流通截面增大，此时机油腔内油压迅速上升，滑套克服弹簧弹力带动滚轮体向左移动一定距离，相当于凸轮相对于滚轮沿其旋转方向转过一定角度，此时供油提前角增大，即供油正时提前。反之，若控制阀向外伸长，则进油通道处的横截面积相应减小，右侧机油腔内油压下降是的滑套带动滚轮向右移动一定距离，相当于凸轮相对于滚轮沿与旋转方向相反的方向转过一定角度，供油提前角减小，即供油正时推迟。

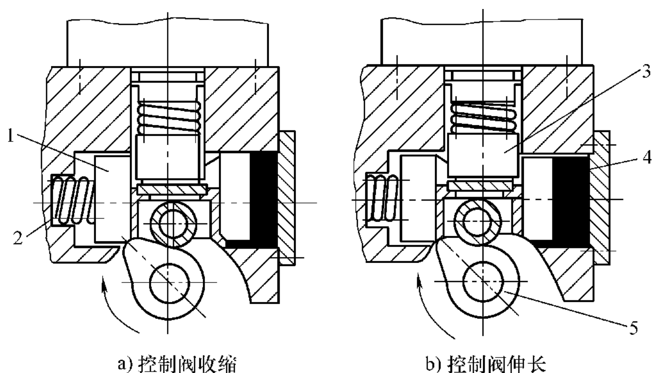


图 2-8　电控直列柱塞泵步进电动机型正时控制器
1—滑套　2—滑套弹簧　3—滚轮体　4—机油腔　5—分泵驱动凸轮

54. 电控直列泵燃油系统常采用的传感器有哪些？

电控直列泵燃油系统主要传感器有发动机转速传感器、进气歧管压力传感器或空气流量计、供油提前角传感器、齿杆位置传感器、套筒位置传感器、加速踏板位置传感器、控制杆

角度传感器、进气温度传感器、冷却液温度传感器、燃油温度传感器、机油温度传感器、针阀升程传感器、大气压力传感器和涡轮增压传感器。

由于车型不同，所采用传感器的数量也有所不同。

55. 电控直列泵燃油系统的主要执行器有哪些?

电子控制直列泵燃油系统主要执行器有电子调速器和电子提前器（或电子定时器），根据发动机机型可以装备其中一种，或将两种都装上。

1）电子控制直列泵燃油系统中，调速器执行机构的作用相当于飞块。用电磁作用力或液力代替离心力控制齿杆位移。

电子调节器的内部主要由下述四部分构成：

① 线性螺线管。控制线圈中的电流，使喷油泵的调节齿杆移动。

② 齿杆位置传感器。由线圈和铁心构成，检测出调节齿杆的位置。

③ 转速传感器。检测出发动机的转速。

④ 传感器放大器。将检测到的齿杆位置传感器的输出信号放大后送到电子控制单元中。

此外还有将加速踏板的角度转换成电信号的加速踏板位置传感器、冷却液温度传感器和起动信号等。

2）喷油定时器（或电子提前器）是通过改变发动机曲轴与喷油泵轴之间的相位角即喷油提前角，来实现对喷油定时控制的。

二、电控分配泵燃油系统

56. 电控分配泵燃油系统主要由哪几部分组成的?

电控分配泵燃油系统是在 VE 型分配泵的基础上实现电子控制，电子控制分配泵燃油喷射系统根据各种传感器的信息检测出发动机的实际运行状态，由电控单元完成喷油量控制、喷油时间控制和怠速转速控制。它主要由传感器、控制器和执行器等三大部分组成，如图 2-9 所示。

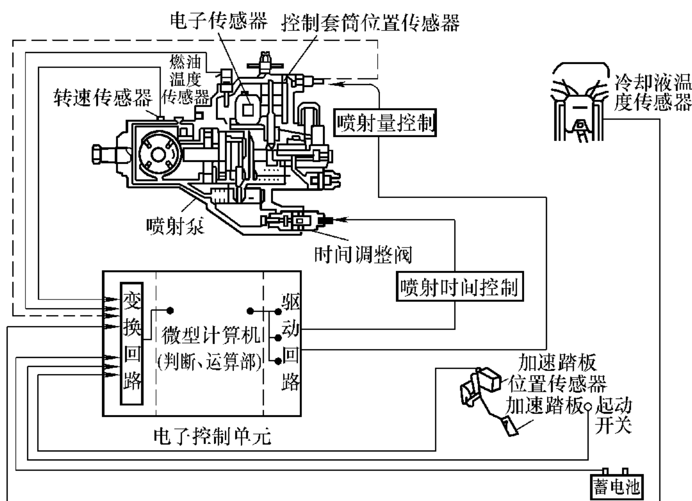


图 2-9　电控分配泵燃油系统的组成



57. 电控分配泵发展经历了哪三个阶段？

电控分配泵的发展主要经历了三个阶段：采用“位置控制”方式的第一代柱塞式电控分配泵；以“时间控制”为主的第二代柱塞式电控分配泵；柱塞采用径向分布的第三代柱塞式电控分配泵。

58. 第一代电控分配泵的结构有什么特点？

第一代电控柴油喷射系统取消了机械调速器，改由电驱动的执行器来控制油量控制套筒。油量控制电动机通过控制轴直接控制油量控制套筒的位置，并通过油泵顶部的电动机旋转角度传感器来测量油量控制套筒的实际位置，形成位置反馈的闭环控制系统。

为了提高喷油量的控制精度，还加装了燃油温度传感器。系统通过油温信号对喷射量进行微调，减少油量对喷油量的影响。

不管是机械式的燃油分配泵，还是电子控制的位置式分配泵，其喷油量大小都是由油量控制套筒的位置决定的。第一代位置控制式的电控系统取消了传统复杂的飞块—弹簧—杠杆调速系统，利用油量控制套筒的位置信号来实现对油量的灵活控制，发动机在不同工况下的喷油量由电子控制单元根据燃油温度和发动机本身的状况来决定。

59. 第二代电控分配泵的结构有什么特点？

采用时间控制方法来控制供油量的分配泵，即用一只高速电磁阀直接控制高压油路的通断，根据电磁阀通电时间的长短来确定供油量的大小；根据电磁阀起作用时间的早晚来控制供油提前角。这种控制方法的结构简单，控制自由度大，并可以控制供油速率，实现预喷射等。这种采用时间控制方法来控制供油量的分配泵，称为第二代电控分配泵。例如，德国博世公司的电子控制轴向柱塞式分配泵 VP30、日本 Zexel 公司的 Model-1 电控分配泵、日本电装公司的 ECD-V3 电控分配泵和美国 Stanadyne 公司的 DS 系列电控分配泵等。

图 2-10 为一种轴向柱塞的时间控制式分配泵的结构示意图，该油泵的柱塞套筒是无法移动的，位置已经被固定，喷射过程由专门的电磁阀来完成。同时为了保证喷射控制的精度，还增加了一个凸轮轴的测速齿环和转速传感器，转速传感器既感知凸轮轴的位置，也测

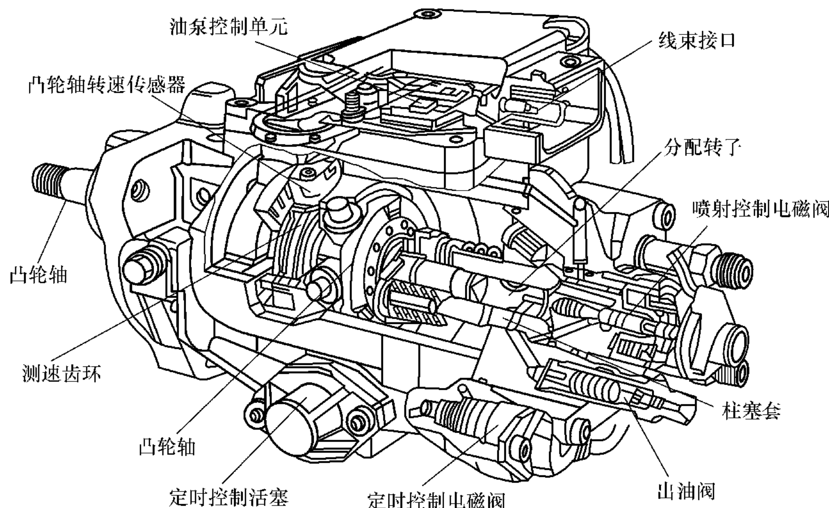


图 2-10 轴向柱塞的时间控制式分配泵结构图

量凸轮轴的转速。相对第一代电控系统而言，该电控分配泵喷射系统主要是增加了高速电磁阀、凸轮轴转速传感器和油泵控制单元，用于燃油喷射的控制。

时间控制的轴向柱塞分配泵相对第一代电控系统，主要增加了高速电磁阀、凸轮轴转速传感器和油泵控制单元，用于燃油喷射的控制。

60. 第三代电控分配泵的结构有什么特点？

时间控制式径向柱塞式分配泵的结构示意图如图 2-11 所示。定时控制电磁阀调节定时活塞的压力，活塞为达到受力平衡，左右移动带动凸轮环相对分配转子转动，从而改变喷油提前角。时间控制式分配泵的核心部件是高速强力电磁阀，由径向柱塞或者轴向柱塞产生的燃油从分配转子的高压腔经电磁阀阀杆的密封端口流向低压腔。当电磁阀通电时，电磁阀杆向左移动，关闭密封端口，从而阻断了高压腔和低压腔之间的通道，在柱塞的压缩下油压迅速升高，从分配转子经出油阀送往喷油器。当电磁阀断电时，电磁阀阀杆在弹簧力的作用下，向右移动，打开密封端口，高压腔和低压腔之间被连通，压力立即释放，喷射结束。电磁阀开始通电的时刻决定了高压压力建立的时刻，也决定了燃油往缸内喷射的开始时刻；电磁阀断电的时刻决定了燃油向缸内喷射结束的时刻；电磁阀通电的持续时间，决定了喷射的持续时间，即喷油量大小。

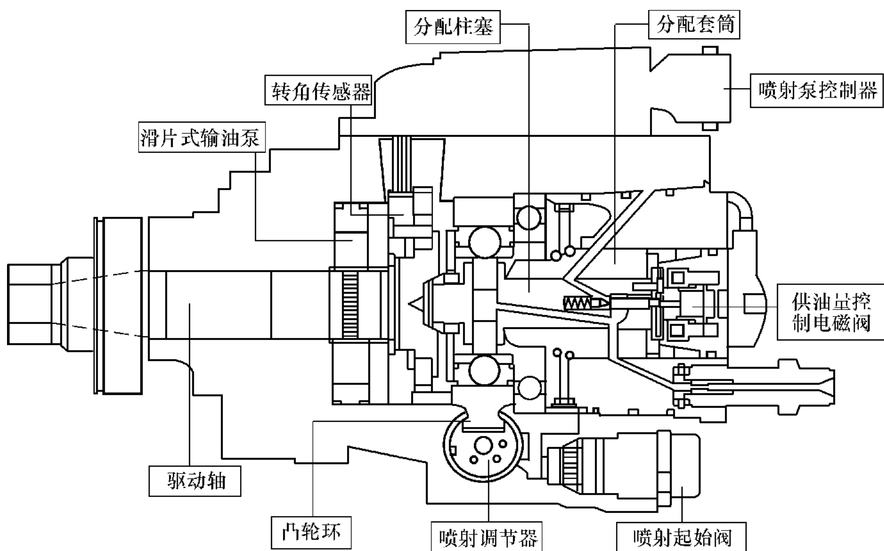


图 2-11　时间控制式的径向柱塞式分配泵的结构示意图

61. 电控分配泵的控制功能有哪些？

电子控制分配泵燃油系统是根据各种传感器的信息检测出发动机实际运行状态的。由电子控制单元完成的控制：①喷油量控制；②喷油时间控制；③怠速时间控制；④故障诊断功能；⑤故障应急功能。

根据不同的机型，电子控制的具体内容不同。有些机型可以实现上述①、②和③的三项控制，有些机型仅对②项，即只对喷油时间进行控制。



62. 电子控制分配泵燃油系统是怎样分类的?

电子控制分配泵燃油系统按喷油量、喷油时间的控制方法可以分为位置控制式和时间控制式两类。分配泵又有轴向柱塞式和径向柱塞式两种。

位置控制式电控分配泵系统就是将 VE 分配泵中的机械调速器换成电子控制的执行机构，在博世公司和杰克赛尔公司都曾大量生产。

位置控制式电控分配泵系统的结构如图 2-12 所示。采用旋转螺线圈式执行机构，如图 2-13 所示。由于转子的旋转，改变轴下端的偏心球的位置来控制溢油环的位置。

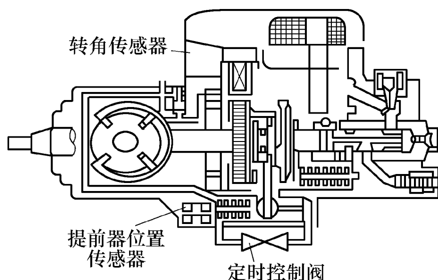


图 2-12　位置控制式电控分配泵系统的结构

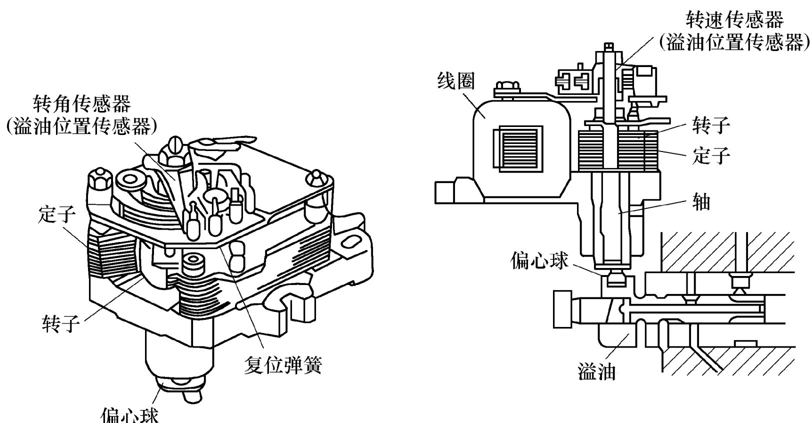


图 2-13　旋转螺线圈式执行机构

63. 位置控制式电子控制分配泵燃油系统结构是怎样的?

位置控制式电子控制分配泵系统是将 VE 型分配泵中的机械调速器转换成电子控制执行机构。其基本特点是保留了机械分配泵的溢油环，采用旋转式电磁铁，因此不用杠杆的。电磁铁中控制轴旋转改变了控制轴下端偏心球的位置，直接控制溢油环，控制喷油量。

64. 电控分配泵燃油系统怎样控制喷油量?

喷油量的控制原理如图 2-14 所示。ECU 根据发动机的状态计算出目标喷油量，并将结果输出到驱动回路；驱动回路根据 ECU 的指令一边反馈控制执行机构的位置，一边控制输出。这样，VE 型分配泵的溢油环控制在目标位置，从而控制喷油量。

65. 怎样实现喷油时间控制?

喷油时间的控制原理如图 2-15 所示。VE 型分配泵的提前器活塞内设有连通高压腔和低压腔的通道，按占空比控制定时调节阀，使定时活塞两侧的压力差变化，从而控制喷油时间。由传感器检测出定时活塞的位置，从而进行反馈控制。

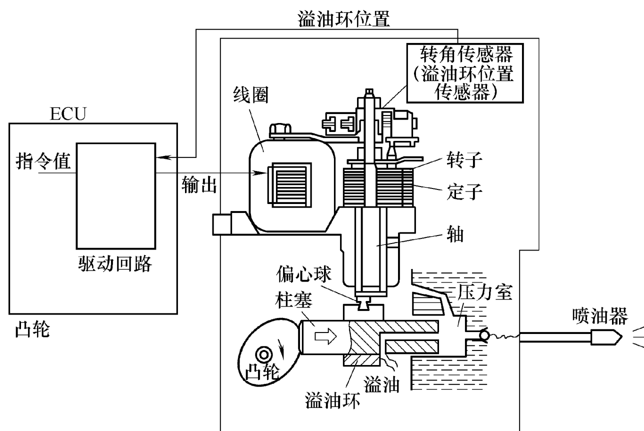


图 2-14　喷油量控制原理

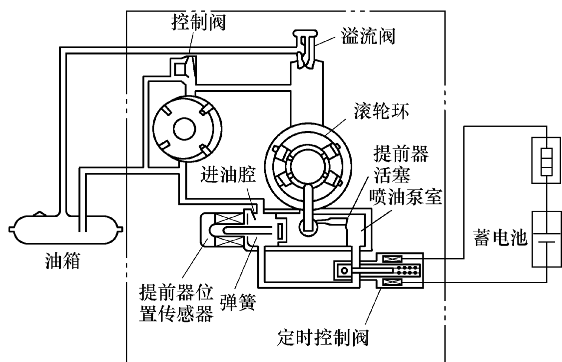


图 2-15　喷油时间的控制原理图

66. 时间控制式电子分配燃油系统结构是怎样的?

时间控制式电子分配燃油系统结构如图 2-16 所示。

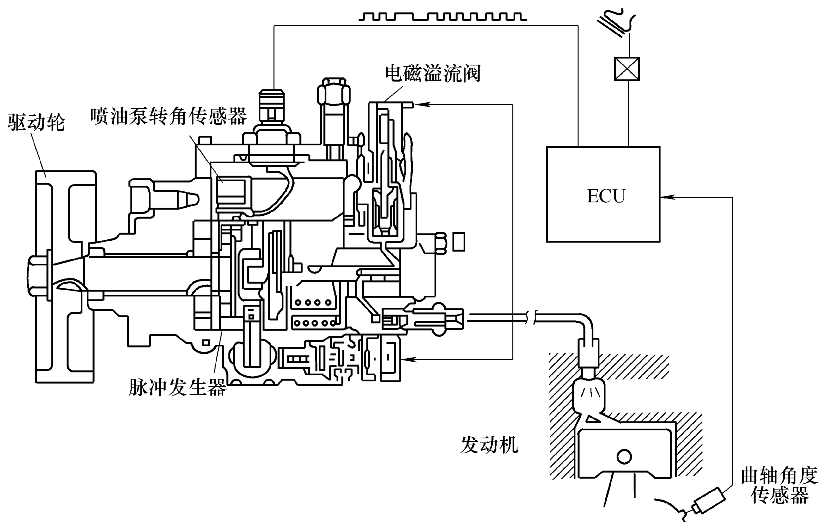
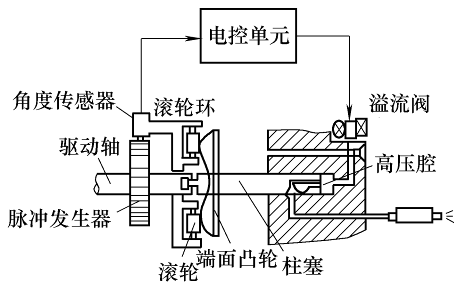


图 2-16　时间控制式电子分配燃油系统



电子控制单元内设有时钟，通过时钟控制喷油终了时刻，从而控制喷油量。控制喷油终了时刻的执行机构是由电磁阀，对每一次喷油都可以进行控制，因此，可以取消其他喷油控制机构。另外，时间控制方式电子回路比较简单。

时间控制式电子控制分配泵燃油系统的显著特点是取消了原 VE 型分配泵上的溢油环，在进油通路上设置一个电磁溢流阀，其喷油量控制原理，如图 2-17 所示。



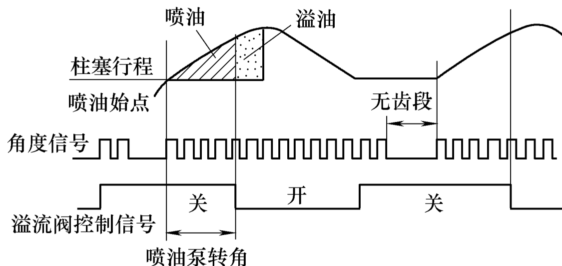


图 2-17　喷油量的时间控制原理

在柱塞泵油阶段，当电磁溢流阀断电时，溢流阀打开，高压燃油立即卸压，停止喷油，喷油始点并不取决于电磁溢流阀关闭的时刻，而是取决于分配泵端面凸轮的行程，与采用的溢油环改变喷油终点以控制油量的方式一样，电磁溢流阀打开得越晚，喷油量越多，端面凸轮行程始点就是图 2-17 上喷油泵角度信号上的无齿段终点的信号。喷油泵角度传感器装在滚轮环上。这样，即使喷油正时有变化，由于喷油泵角度信号传感器随着滚轮环一起移动，因此喷油泵角并不改变，泵油始点与无齿段终点相对位置始终不变。

67. 位置控制式电控分配泵有几种？主要区别是什么？

位置控制式电控分配泵有轴向柱塞式分配泵“位置控制”系统和径向柱塞式分配泵“位置控制”系统两种。

径向柱塞式分配泵与轴向柱塞式分配泵的主要区别是，轴向柱塞式分配泵的泵油柱塞与分配转子是同一部件，而径向柱塞式分配泵的泵油柱塞与分配转子则是分开的，泵油柱塞沿分配转子的径向运动完成泵油过程。

68. 喷油泵控制单元有什么特点？

电控柴油机在喷油泵的顶部有一个油泵控制单元（PCU），而 PCU 是由发动机控制单元（ECU）控制的。PCU 和 ECU 的内部都是一个以单片机为核心的模块，PCU 直接安装在喷油泵顶部，而 ECU 则一般是安装在发动机附近或发动机上。PCU 和 ECU 之间通过控制器局域网（CAN）进行通信。ECU 根据这些传感器信号确定喷射定时和喷油量的大小，并将这些信息发送给 PCU，PCU 驱动油泵的电子执行器执行喷射定时和喷油量控制。

69. 在时间控制式的燃油喷射系统中 PCU 和 ECU 分开有什么优点？

在时间控制式的燃油喷射系统中，PCU 和 ECU 的分开便于发动机和燃油喷射系统的独立研发和生产。一般来讲，电控分配泵（喷油泵）和发动机是不在同一家工厂生产的，只要两者都有标准的 CAN 协议接口，电控分配泵就可以与不同型号的发动机匹配，喷油泵 PCU 不用调整。只需调整 ECU 内部存储器上存储的 MAP 图就可以了。

两个喷油泵之间，由于喷射电磁阀在加工和制造上的误差，在相同转速、喷油脉宽和喷

射定时条件下喷油量并不完全相同，可以在生产时单独标出每个喷射泵的喷油脉宽应对喷油量的速度特性。这样，同一台发动机可以任意换装其他的喷油泵也不会对发动机性能产生较大的影响。因此，PCU 和 ECU 的独立制造便于同型号喷油泵之间的参数进行一致性调整。

70. 时间控制式的直列泵喷射系统结构是怎样的？

在传统直列泵上除了实施位置式电控系统外，还可以实施时间控制式的电控系统。如图 2-18 所示，将原来与直列泵相连的机械调速器（调速齿条、齿轮等）取消，在直列喷油泵出油阀和喷油器之间的高压油管路上，安装一个三通电磁阀，得到了简称为泵—管—阀—嘴（PPVI）式电控燃油喷射系统。同传统的泵—管—嘴的机械式喷油系统相比，发动机各缸都对应安装了一个控制喷射过程的电磁阀。因此，不再需要传统柱塞上的斜槽来控制喷油量，无斜槽柱塞泵的功能只是建立高压，不再具有喷油调节的功能，真正的喷油控制由电磁阀来完成。

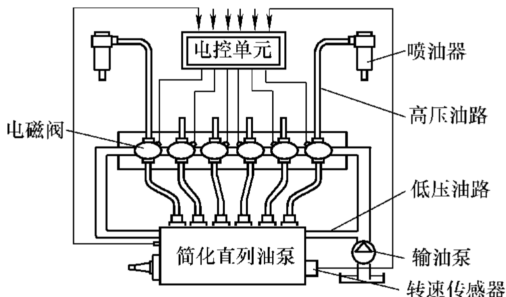


图 2-18　PPVI 电控燃油喷射系统结构简图

71. PPVI 系统电磁阀的基本结构是怎样的？

PPVI 式电控燃油喷射系统电磁阀的基本结构如图 2-19 所示，该电磁阀采用了多极式电磁铁结构，以使电磁铁在单位面积内产生最大的电磁力；衔铁与电磁铁之间的间隙很小，这是因为在相同通电电流下，两者之间的间距很小时，产生的电磁力可以达到较大值，同时满足电磁阀快速打开和关闭的升程变化要求。电磁阀线圈匝数、电磁铁与衔铁的正对面积、衔铁的厚度、回位弹簧的刚度和预紧力，以及电磁阀密封锥角的角度等都要经过仔细优化设计，以提高电磁阀执行器的喷射控制精度。

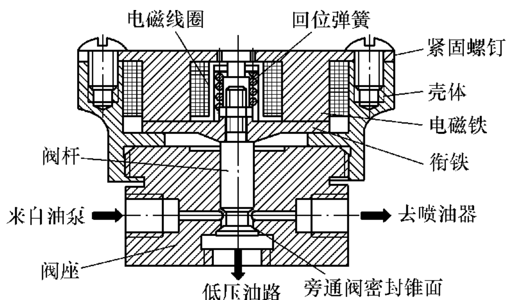


图 2-19　PPVI 系统电磁阀的基本结构

72. 什么是轴向柱塞式分配泵“位置控制”系统？

轴向柱塞式分配泵“位置控制”系统的主要组成如图 2-20 所示。该系统利用电子调速器，通过控制分配泵中的油量控制滑套位置来实现供油量的控制，利用电磁阀通过控制供油提前角自动调节器中正时活塞两侧的油压（决定正时活塞位置）来实现供油正时控制。

73. 什么是径向柱塞式分配泵“位置控制”系统？

径向柱塞式分配泵的供油量控制是由控制泵油柱塞的行程和控制进油量两种途径来实现的。

径向柱塞式分配泵“位置控制”系统是在非电控径向柱塞式分配泵基础上，取消油量控制阀，利用电控元件控制泵油柱塞行程实现供油量“位置控制”的。而供油正时的“位置控制”，可以利用电控元件直接或间接控制分配泵内凸轮相对分配转子的位置来实现。



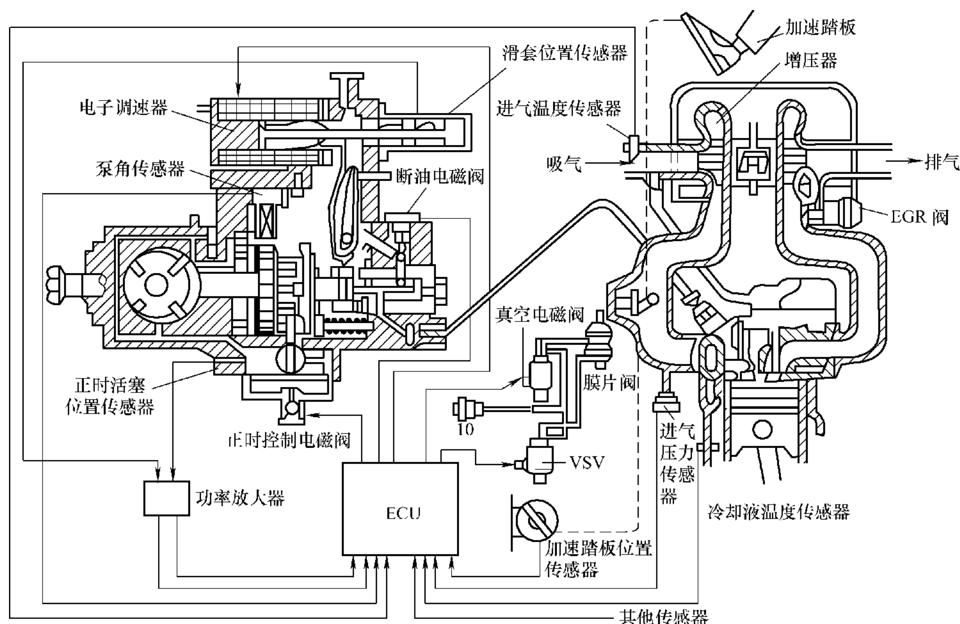


图 2-20　轴向柱塞式分配泵“位置控制”系统

74. 什么是时间控制式电控分配泵系统?

“时间控制”式电控分配泵是以时间控制方法对供油量进行控制的。通过高速电磁阀实现了对供油量和供油时刻的控制。供油量的多少取决于电磁阀的持续通电时间，而分配泵何时供油即供油始点，则取决于电磁阀通电时刻。

时间控制电控分配泵系统组成图如图 2-21 所示。在“时间控制”式电控分配泵的控制系统中，无论是对供油量的控制还是对供油时刻的控制，都是通过高速电磁阀的工作来实现的。

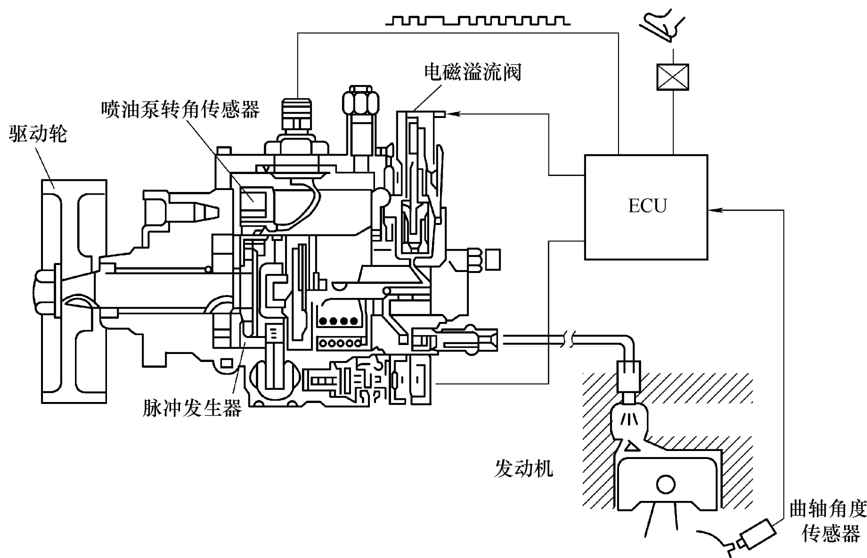


图 2-21　时间控制电控分配泵系统组成图

所谓时间控制，就是用高速电磁阀直接控制高压燃油的适时喷射。这种系统可以保留原来的喷油泵—高压油管—喷油器系统，也可以采用新型的产生高压的燃油系统，用高速电磁阀直接控制高压燃油的喷射。一般情况下，电磁阀关闭，执行喷油；电磁阀打开，喷油结束。喷油始点取决于电磁阀关闭时刻，喷油量则取决于电磁阀关闭时间的长短，因此既可实现喷油量控制又可实现喷油定时的控制。时间控制系统的控制自由度比较大。ECU 内设有时钟，通过利用时钟，控制喷油终了时间，从而控制喷油量。控制喷油终了的执行机构是电磁阀，对每一次喷油都可以进行控制，因此，可以取消其他的喷油量控制机构。

而供油量的“位置控制”的特点是用模拟量来控制执行元件工作，通过对喷油泵油量控制机构的定位来得到所需的供油量。用以闭环控制供油量的反馈信号也是由模拟信号传感器检测的，ECU 只能对模拟信号进行 A/D 转换后才能处理，这必然影响供油量的控制精度和执行元件的响应速度。此外，不论采用何种类型的电子调速器，总是需要由部分机械装置来完成对喷油泵供油量的调节，也会降低控制精度和响应速度。所以继供油量“位置控制”之后出现了“时间控制”。

75. 时间控制式电控分配泵系统有几种？

时间控制式电控分配泵系统有轴向柱塞式分配式“时间控制”系统和径向柱塞式“时间控制”分配两种。

76. 轴向柱塞式分配泵“时间控制”系统控制原理有几种类型？

采用“时间控制”方式的分配泵电控系统，根据高速电磁阀对分配泵供油的控制方式不同，可分为回油控制方式和进油控制方式两种类型。

77. 回油控制方式分配泵的工作原理是怎样的？

采用回油控制方式的分配泵的进、回油通道相互独立，高速电磁阀安装在分配泵回油通道中，只对分配泵工作时的回油过程进行控制；而分配泵的柱塞上仍保留有进油槽，由柱塞上的进油槽和柱塞套筒上的进油孔控制分配泵的进油过程。在柱塞吸油过程中高速电磁阀处于关闭状态，泵油过程开始后高压油腔即产生高压，分配泵向某缸喷油器供油；当由 ECU 控制的高速电磁阀通电时，电磁阀打开高压腔回油通道，柱塞顶部的高压油腔内油压迅速下降，分配泵向某缸的供油停止。

78. 进油控制方式的分配泵工作原理是怎样的？

采用进油控制方式的分配泵的柱塞上取消了进油槽，分配泵柱塞只有吸油和泵油两个行程。分配泵的回油通道与进油通道合二为一，高速电磁阀安装在进油通道中，控制分配泵工作时的供油开始和结束时刻。

79. 供油正时控制是怎样的？

采用“时间控制”方式的分配泵中，取消了电控液压供油提前角自动调节器，完全用高速电磁阀的关闭和开启时刻来控制供油的开始和结束时刻，真正实现了供油正时的“时间控制”。

在分配泵供油正时的“时间控制”系统中，为提高供油正时控制精度、降低电磁阀的“时间延迟”效应，ECU 除根据检测柴油机工况信息的各种传感器信号控制供油正时外，一般采用两种控制措施：

1）采用电磁阀关闭时间传感器来精确测定电磁阀关闭始点和终点时刻，以便向 ECU 提



供电磁阀驱动脉冲的实际输出正时，实现对电磁阀驱动脉冲输出正时的闭环控制。

2）采用各种类型的喷油始点传感器，精确测定喷油器的实际喷油始点，ECU 根据此传感器的反馈信号修正对分配泵供油正时的控制。

采用“时间控制”方式的分配泵，为准确控制各缸的供油顺序，一般设有供油信号发生器，该信号发生器与凸轮轴/曲轴位置传感器制成一体。

80. 径向柱塞式分配泵“时间控制”系统结构是怎样的？

径向柱塞式分配泵“时间控制”系统与轴向柱塞式分配泵“时间控制”系统类似，在分配泵的进油道（也是回油道）中安装一个由 ECU 控制的电磁阀（取代传统的油量控制阀），在保证分配泵柱塞行程一定的前提下，通过控制电磁阀的开启和关闭时刻，来实现供油量和供油正时的“时间控制”。

81. 径向柱塞式分配泵的控制原理是怎样的？

径向柱塞式分配泵的结构如图 2-22 所示。

工作原理：驱动轴带动柱塞、滚柱座和滚柱一同旋转，内凸轮 9 始终处于静止状态。当滚柱旋转开始被内凸轮压缩时，带动两侧柱塞向内移动，分配泵油腔内的柴油被压缩。高压柴油通过转子分配口和分配套筒上的出油通道进入某一缸的喷油器，进行喷油，如图 2-23 中压油段 2 所示。当滚柱到达内凸轮的凸峰处时，继续旋转则柱塞在离心力的作用下开始向两侧移动，油腔内油压下降，分配泵泵油结束，在图 2-23 中显示为卸油段 3。

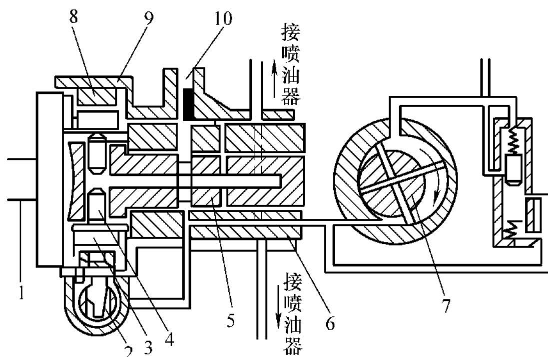


图 2-22 径向柱塞式分配泵结构

1—驱动轴 2—供油提前角自动调节器 3—滚柱座 4—分配泵柱塞 5—分配转子 6—分配套筒 7—叶片式输油泵 8—滚柱 9—内凸轮 10—油量控制阀

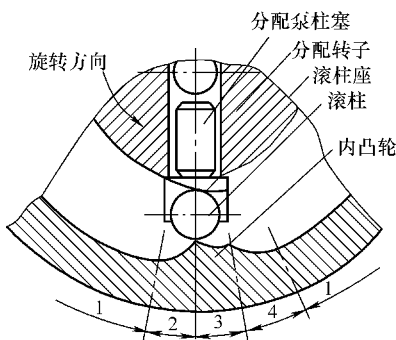


图 2-23 分配泵柱塞工作原理图

1—内凸轮基圆 2—压油段 3—卸油段 4—吸油段

分配泵继续旋转，当到达吸油段 4 时，分配套筒上的进油口与分配转子径向油道接通；另一方面，滚柱向两侧移动的同时在旋转离心力的作用下柱塞继续向两侧移动，并在分配泵油腔内产生真空吸力。在真空吸力的作用下，来自叶片式输油泵的柴油通过进油管道被吸入分配泵油腔内。当滚柱旋转至内凸轮基圆处时停止吸油，并保持泵腔内油压不变，直至再次进入压油阶段。至此，径向分配泵完成了一次泵油过程。

82. 电子控制分配泵燃油系统主要传感器有哪些？

博世柴油机电子控制分配泵燃油系统主要传感器如图 2-24 所示，电控分配泵燃油系统

主要传感器有发动机转速传感器、冷却液温度传感器、进气歧管温度传感器、燃油温度传感器、调节滑套位置传感器（或调节活塞运动传感器）、针阀升程传感器、车速传感器、加速踏板位置传感器、大气压力传感器、空气流量传感器、制动灯开关、离合器踏板开关和制动踏板开关。

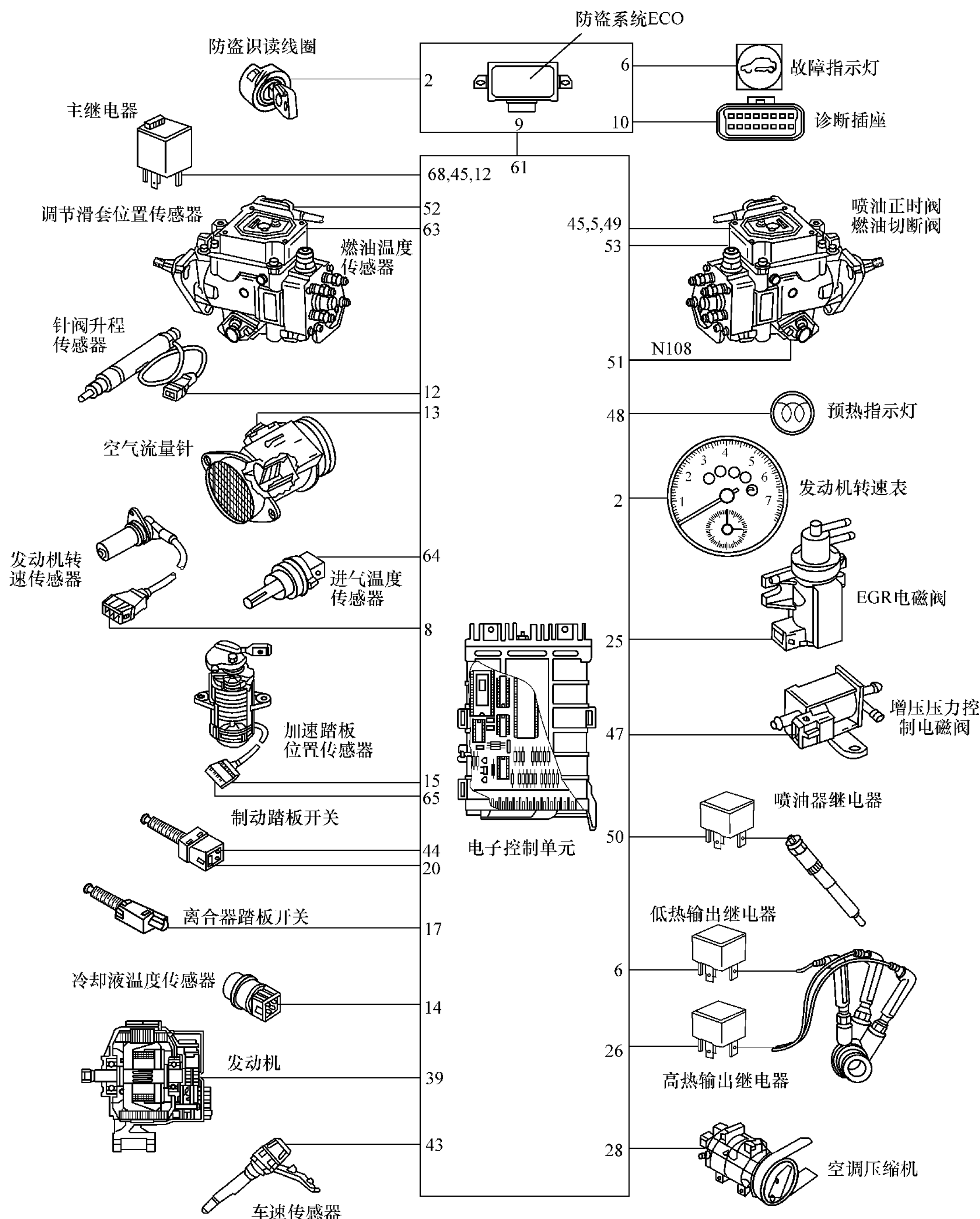


图 2-24 电子控制分配泵燃油系统主要传感器和执行器



83. 电子控制分配泵燃油系统主要执行器有哪些?

如图2-24所示，电子控制分配泵燃油系统中使用的主要执行器有喷油正时阀、燃油切断阀、EGR电磁阀、喷油器增压压力控制电磁阀和空调压缩机等。

三、电控泵喷嘴及单体泵燃油系统

84. 什么是电控泵喷嘴系统?

电控泵喷嘴（EUI）系统是将喷油泵、喷油嘴和电磁阀组合在一起，由凸轮轴摇臂驱动的喷油系统。电控泵喷嘴系统，每缸安装一组泵喷嘴，泵喷嘴分别安装在缸盖上的原喷油器位置。泵喷嘴由安装在气缸体上的凸轮摇臂驱动或由安装在气缸盖上的凸轮轴摇臂驱动。电控泵喷嘴系统，其喷油量和喷油定时由ECM控制电磁阀的关闭时间和关闭时刻决定，所以称作时间控制式电控燃油喷射系统。

电控泵喷嘴没有高压油管，没有机械式供油量调节齿条，喷油量和喷油正时由电子控制单元根据各种传感器输入的信号使电磁阀关闭执行喷油，电磁阀打开喷油结束。在电控泵喷嘴系统中，由于没有高压油管，可以消除高压油管中压力波和燃油压缩的影响，高压容积大大减少，喷射压力可以很高，最高可达200MPa。

电控泵喷嘴可应用在柴油小轿车、轻型及中、重型载货柴油汽车发动机上，其尾气排放可达欧Ⅲ标准。我国一汽大众宝来TDL柴油轿车采用的是德国博世公司电控泵喷嘴系统。

85. 什么是电控单体泵系统?

电控单体泵（EUP）和电控泵喷嘴一样，燃油喷射所需要的高压燃油，仍然由在套筒内做往复运动的柱塞产生，喷油量和喷油正时控制则由ECM根据各种传感器输入的信号进行控制。单体式喷油泵总成内的单体泵，六缸机有6个单体泵，并组装在一个壳体里；四缸机有4个单体泵，并组装在一个壳体里。单体泵总成安装在发动机缸体的右侧，由凸轮轴驱动单体泵上的滚轮，推动套筒内的柱塞向上运动，产生喷射所需要的高压燃油。当ECM使电磁阀断电时，高压燃油顶开喷嘴针阀将燃油喷入气缸；当ECM发出通电指令，电磁阀打开时，喷油结束。电磁阀打开后，套筒内的柱塞在回位弹簧的作用下向下移动时，低压燃油开始溢流回油箱。单体泵喷油压力可达180MPa以上。

每个单体泵上安装有一个电磁阀，ECM控制电磁阀的关闭和打开时间长短，控制喷油量和喷油正时。所以电控单体泵仍属于时间控制式，是第二代电控燃油喷射系统。

电控单体泵有高压油管，不过和电控泵喷嘴一样，没有机械式供油量调节齿条。

电控单体泵系统是由博世公司喷油泵—高压油管—喷油嘴（PLN）系统发展起来的高压燃油喷射系统，现在已广泛应用在美国和欧洲各国的电控柴油机上，特别是在中、重型载货汽车柴油机上应用单体泵系统较为普遍。我国玉柴等柴油机公司引进美国德尔福（Delphi）单体泵系统，研制和开发了多款不同排量的电控柴油机。如玉柴YC6G、YC6L、YC4G系列电控柴油机，采用的就是德尔福单体泵系统。我国成都威特公司生产的P7100电控单体泵已应用在国产电控柴油机上。

86. 电控泵喷嘴与单体泵有什么区别?

电控泵喷嘴就是将泵油柱塞和喷油嘴合成一体，安装在缸盖上。喷油嘴由于无高压油管，所以可以消除长的高压油管中压力波和燃油压缩的影响，高压容积大大减少，因此喷射

压力可很高。电子控制泵喷嘴压力目前可达 200MPa。它的驱动机构比较特殊，必须是顶置式凸轮驱动机构。

电子控制泵喷嘴系统的最大特点是燃油压力升高仍然是机械式的，喷油始点和终点由电磁阀控制，即喷油量和喷油时间是由电磁阀控制的。

电控泵喷嘴系统是将泵油柱塞和喷油器组合安装在一个壳体内的柴油机燃料喷射系统。泵油嘴无高压油管，直接用凸轮轴通过挺柱驱动喷油泵的柱塞。由于无高压油管，所以可以消除高压油管中压力波和燃油压缩的影响，柱塞泵泵油时产生的高压燃油直接进入喷油器的承压环槽内。

单体泵电控系统是在泵喷嘴的基础上衍生出来的，除了压力较泵喷嘴稍低一点外，其他功能基本和泵喷嘴相近。它是一种模块式结构的高压喷射系统，柴油机每个气缸均装配一个电控单体泵，燃油喷射由各自的喷射单元完成。喷油器和喷油泵之间用一根很短的高压油管连接，柴油从油箱出来后先经过一个低压输油泵将柴油加压，再经过单体泵加压，以 200 ~ 250MPa 的高压喷射。

单体泵电控系统的燃油喷射一般由 ECU 通过电磁溢流阀控制，在 ECU 的控制指令下，电磁溢流阀可精确地控制喷油器的喷射时刻和喷射持续时间，喷油量则由电磁溢流阀通电时间长短来确定。当柴油机运转时，柴油机机体内凸轮轴驱动单体泵的滚轮式挺柱，推动柱塞完成泵油过程。当柴油机控制电磁溢流阀开启时，高压燃油经很短的高压油管直接输送到喷油器，使喷油器立即建立高压而进行喷射。当 ECU 控制电磁溢流阀关闭时，柱塞泵泵油室内的燃油和高压短油管内的燃油经回油孔回油，喷油器内的燃油压力迅速降低，喷油器迅速停止喷射。

87. 电控泵喷嘴由哪些部件组成？有什么特点？

（1）电控泵喷嘴的组成

电控泵喷嘴是由机械式泵喷嘴系统发展起来的，在该系统中，泵喷嘴实际上是由喷油泵、喷油嘴和电磁阀组成的一个整体，没有高压油管。电控泵喷嘴系统由 ECM、各种传感器（曲轴转速、凸轮轴位置、进气压力、燃油压力/温度、增压压力、加速踏板位置、冷却液温度和机油温度传感器等）泵喷嘴和高速电磁阀组成，如图 2-25 所示。

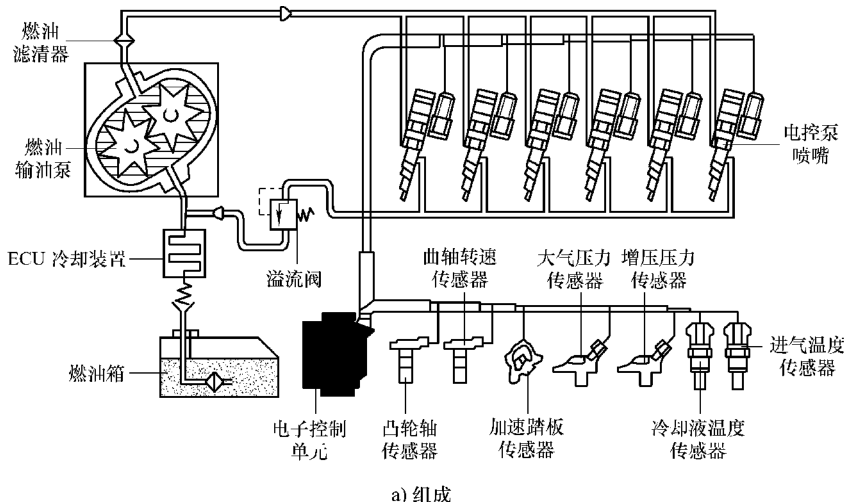


图 2-25　电控泵喷嘴系统组成及主要部件连接关系



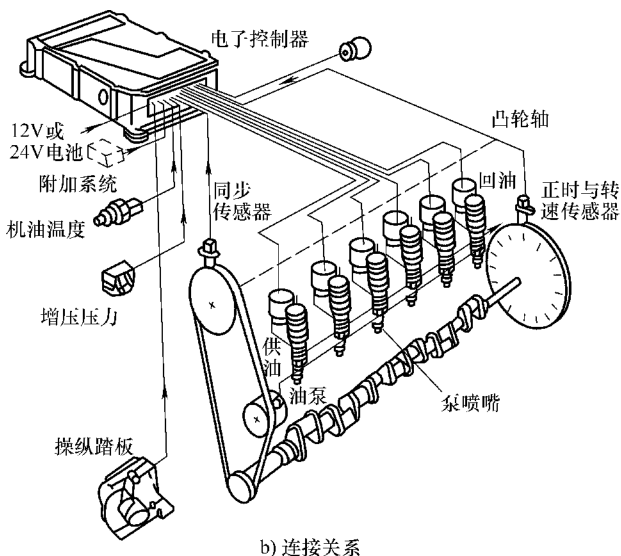


图2-25　电控泵喷嘴系统组成及主要部件连接关系（续）

柴油机每缸都有一个泵喷嘴，不再需要高压油管，因此，避免了在高压油管中的压力脉冲，进而可以精确控制喷射循环。

电子控制泵喷嘴系统主要由泵喷嘴、驱动摇臂机构、电子控制单元（ECU）、各种传感器等组成。

（2）电子控制泵嘴系统结构的特点

1）为了使供油泵将燃油稳定地供到安装在气缸盖内部的喷油器内，采用大容量齿轮式供油泵。

2）自供油泵压送来的燃油经高效滤清器滤除杂质后，供入气缸盖上的主供油管内；主供油管和气缸盖上的各个喷油器之间由支管连接。溢出燃油通过连接各喷油器的溢油管经调压阀排出到气缸盖外部。

3）ECU打开或关闭喷油器的电磁阀，控制喷油量和喷油时间；必须向各个喷油器布置导线，为了缩短线束长度，ECU直接安装在发动机机体上。为了减低因发动机引起的振动，采用橡胶固定，同时，采用燃油冷却ECU的背面。

4）ECU根据安装在飞轮以及凸轮相关部位的两个转速传感器检测到的发动机转速和曲轴转角、加速踏板位置传感器信号及其他的传感器信号进行最佳燃油喷射控制。

5）柱塞通过摇臂由凸轮轴驱动，压缩燃油；喷油器的高速电磁阀是常开的，燃油通过气缸盖内部的油路流动；但电磁阀关闭时，柱塞开始向喷油嘴压油，燃油从喷油嘴喷入气缸；当电磁阀打开时，溢油开始，喷油结束。该电磁阀的开闭由电子控制单元控制，根据发动机的运行状态，可实现最佳控制喷油量和最佳控制喷油时间。

6）因为没有喷油管，不仅可以实现高压喷射，而且可以通过适当组合喷油嘴的喷孔流通截面积和驱动凸轮的形状，使喷油率的形状徐徐上升，减少预混合期间的喷油量，从而达到控制预混合燃烧。

88. 电控泵喷嘴系统工作原理是怎样的?

电控泵喷嘴的基本工作原理如图 2-26 所示，由低压输油泵经进油道向喷油器供油，进油通道由高速电磁阀控制；高速电磁阀为常开阀（即断电时开启），当机械驱动的压油柱塞向上移动时，压油腔内产生真空，低压输油泵输送来的低压柴油被吸入压油腔如图 2-26a 所示；压油柱塞向下移动的压油初期，由于高速电磁阀仍保持开启，部分柴油被压回低压进油通道如图 2-26b 所示；当高速电磁阀接受 ECU 的指令通电时，电磁阀关闭喷油器进油道，随着压油柱塞压油行程的进行，使喷油器内油压迅速升高（喷油压力高达 150MPa 以上），油压作用在针阀中部的承压锥面上使针阀升起打开喷油孔，喷油器喷油开始（图 2-26c）；ECU 控制高速电磁阀断电开启时，喷油器压油腔的柴油回流（图 2-26d）使油压迅速下降，喷油器喷油结束。高速电磁阀关闭的时刻即是喷油开始时刻，高速电磁阀关闭的持续时间决定了喷油量。

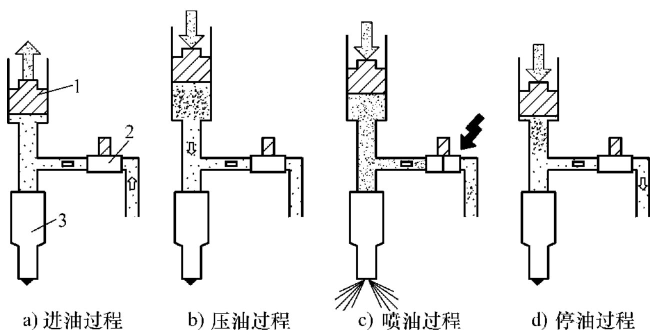


图 2-26　电控泵喷嘴的基本工作原理
1—压油柱塞　2—高速电磁阀　3—喷油嘴

89. 柴油轿车泵喷嘴系统有哪些部件?

柴油轿车泵喷嘴系统组成如图 2-27 所示。

90. 载货柴油汽车泵喷嘴系统有哪些部件?

载货柴油汽车（博世）泵喷嘴系统组成如图 2-28 所示。

91. 电控泵喷嘴结构是怎样的?

电控泵喷嘴主要由喷油器和高速电磁阀组成，如图 2-29 所示。在喷油器内部由柱塞的移动实现燃油压缩，起到了油泵泵油作用，所以在泵喷嘴系统不再设有高压油泵。喷油凸轮安装在凸轮轴上，凸轮通过摇臂驱动控制气门的打开和关闭。喷油凸轮的上升段是直线段，有利于缩短压力上升时间，即快速提高喷油压力；而凸轮的下降段又较平缓；有利于喷油结束后高压燃油腔缓慢进油。高速电磁阀安装在喷油器的中部，其针阀用于接通和切断高压腔和低压腔之间的通路。高压燃油的产生主要依靠泵油柱塞和回位弹簧；电磁阀主要用来控制喷油始点和喷油持续时间；喷油嘴的任务是雾化柴油，把燃油喷射到燃烧室中，喷油嘴用压紧螺母安装在泵喷嘴总成上。



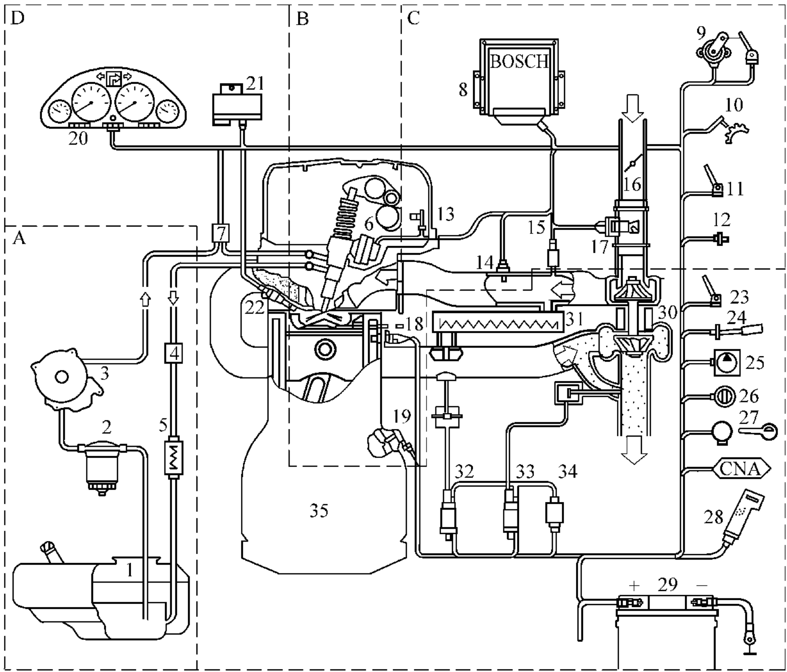


图 2-27　柴油轿车泵喷嘴系统组成

1—油箱　2—柴油滤清器　3—燃油泵　4—限压阀　5—柴油冷却器　6—泵喷嘴　7—燃油温度传感器　8—ECM　9—加速踏板位置传感器　10—车速传感器　11—制动接触器　12、14—进气温度传感器　13—凸轮轴位置传感器（霍尔式）　15—增压压力传感器　16—进气节流阀　17—热膜式空气质量流量传感器　18—冷却液温度传感器　19—曲轴位置传感器（电磁式）20—仪表板　21—电热塞控制器　22—电热塞　23—离合器踏板　24—巡航控制单元　25—空调压缩机　26—空调压缩机控制单元　27—起动开关　28—诊断接口　29—蓄电池　30—废气涡轮增压器　31—EGR 冷却器　32—EGR 执行器　33—增压压力执行器　34—真空泵　35—CAN 局域网控制器

A—燃油供给低压部分　B—燃油供给高压部分　C—电控系统部分　D—辅助部件

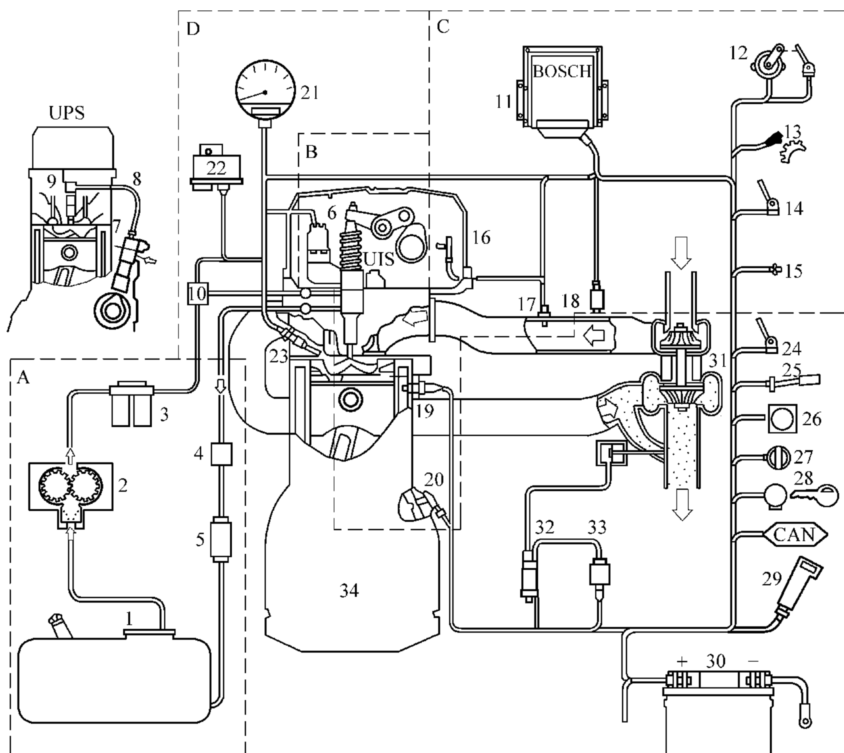


图 2-28　载货柴油汽车泵喷嘴系统组成

1—油箱　2—燃油泵　3—柴油滤清器　4—限压阀　5—柴油冷却器　6—泵喷嘴（EUI）7—单体泵（EUP）　8—高压油管　9—单体泵喷油器　10—燃油温度传感器　11—ECM　12—加速踏板位置传感器　13—车速传感器　14—制动接触器　15—空气温度传感器　16—凸轮轴位置传感器（电磁式）17—进气温度传感器　18—增压压力传感器　19—冷却液温度传感器　20—曲轴位置传感器（电磁式）21—仪表　22—预热塞控制器　23—预热塞　24—离合器踏板　25—巡航控制单元　26—空调压缩机　27—空调压缩机控制单元　28—起动开关　29—诊断接口　30—蓄电池　31—废气涡轮增压器　32—增压压力执行器　33—真空泵　34—CAN 局域网控制器

A—燃油供给低压部分　B—燃油供给高压部分　C—电控系统部分　D—辅助部件



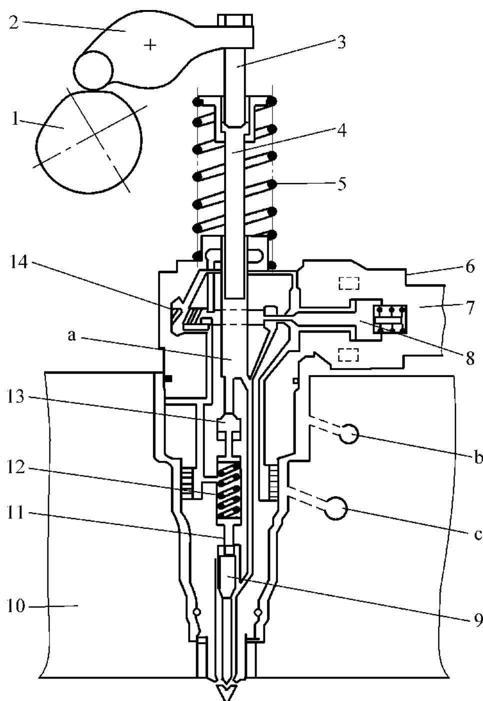


图2-29 电控泵喷嘴结构系统图

1—喷油凸轮 2—摇臂 3—球头螺栓 4—泵油柱塞 5—泵油柱塞复位弹簧 6—高速电磁阀 7—高速电磁阀阀体 8—电磁阀中的针阀 9—喷油针阀 10—喷油器壳体 11—喷油针阀阻尼器 12—喷油针阀复位弹簧 13—辅助柱塞 14—电磁阀中的针阀复位弹簧

a—高压油腔 b—回油道 c—低压油道

92. 柴油轿车电控泵喷嘴的结构是怎样的?

柴油轿车（博世）电控泵喷嘴结构如图2-30所示。

93. 柴油载货汽车电控泵喷嘴结构是怎样的?

柴油载货汽车（博世）电控泵喷嘴结构如图2-31所示。

94. 电控泵喷嘴系统中高速电磁阀的作用是什么?

在电控泵喷嘴系统中，一般采用开关型高速电磁阀，以电磁阀的关闭点作为喷油始点，并以此为反馈信号进行闭环控制。为使电磁阀响应速度快，因此采用短行程、运动质量小、动态压力变化影响小的压力平衡式阀，同时尽量加大初始电磁力，要求能在0.5μs内完成0.5mm的行程，而且要求稳定性好。电磁阀的任务是在ECM指令下开闭，实现喷油正时和喷油量控制。

95. 柴油轿车泵喷嘴系统高速电磁阀的结构是怎样的?

柴油轿车泵喷嘴系统高速电磁阀的结构如图2-32所示。

96. 柴油载货汽车泵喷嘴系统高速电磁阀的结构是怎样的?

柴油载货汽车泵喷嘴系统高速电磁阀的结构如图2-33所示。

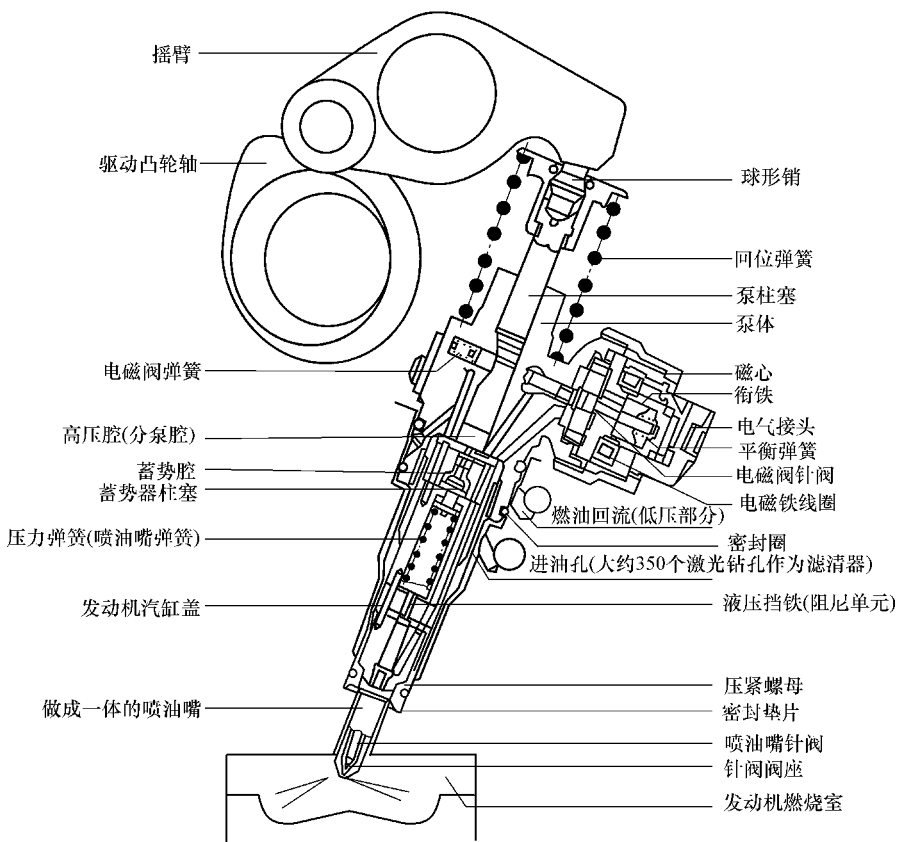


图 2-30　柴油轿车电控泵喷嘴结构



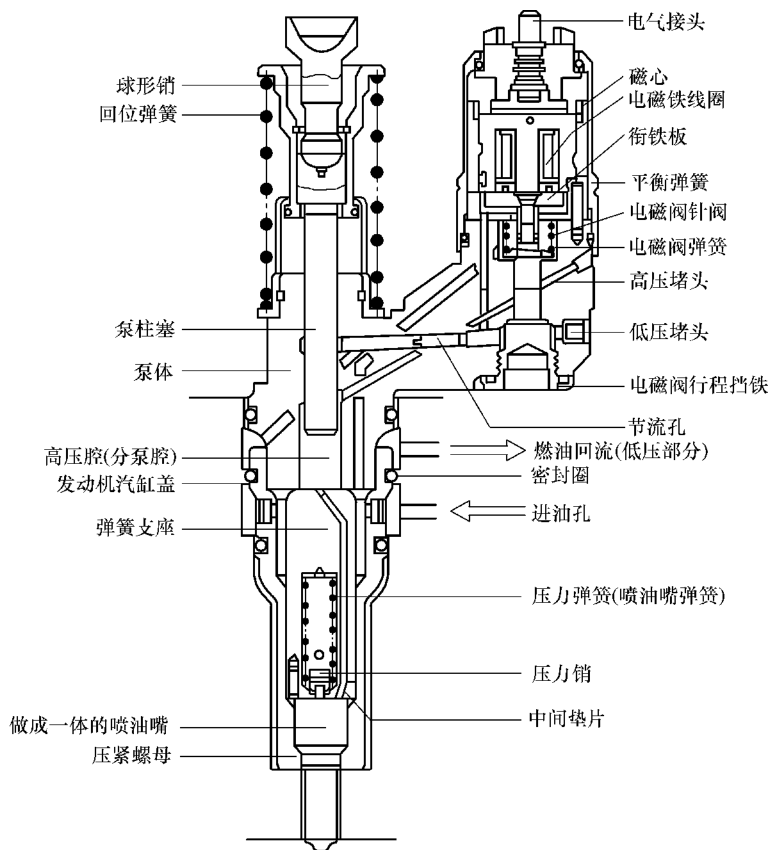


图 2-31　柴油载货汽车电控泵喷嘴结构

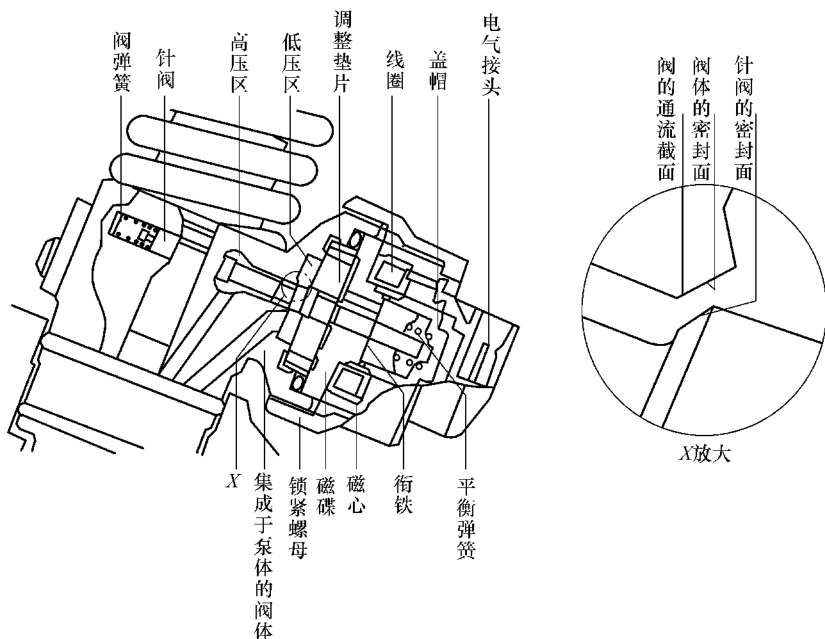


图 2-32　柴油轿车泵喷嘴系统高速电磁阀的结构

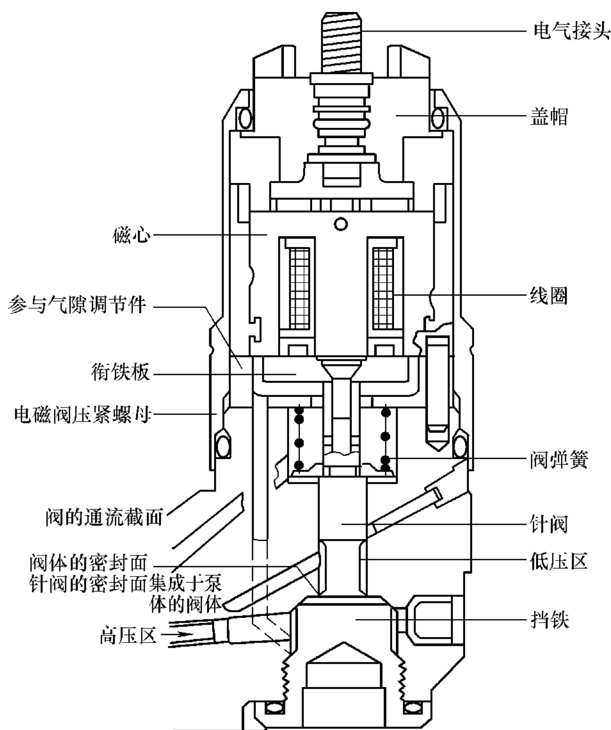


图 2-33　柴油载货汽车泵喷嘴系统高速电磁阀的结构

97. 电控单体泵系统由哪些部分组成？

电控单体泵系统的组成与电控泵喷嘴系统大致相同，如图 2-34 所示。

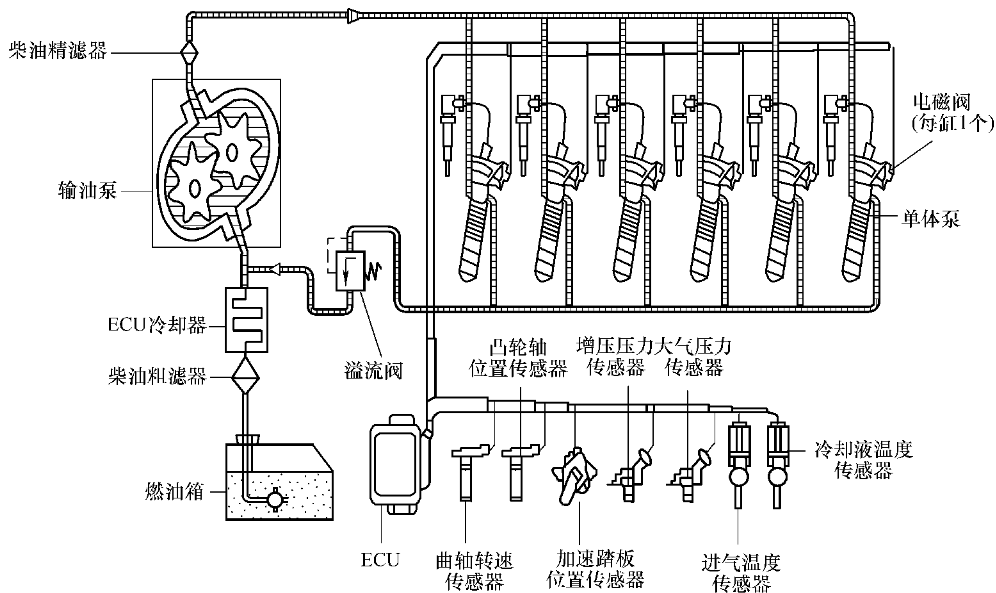


图 2-34　电控单体泵系统组成



在单体泵电控系统中，柴油机每个气缸均装配一个电控单体泵，燃油喷射由各自的喷射单元来完成。柴油从油箱出来后先经过一个低压输油泵将柴油加压，再经过单体泵加压，最高能够达到 200 ~ 250MPa 的高压喷射可使柴油极好地雾化，有利于提高柴油机的动力性、经济性和排放性。

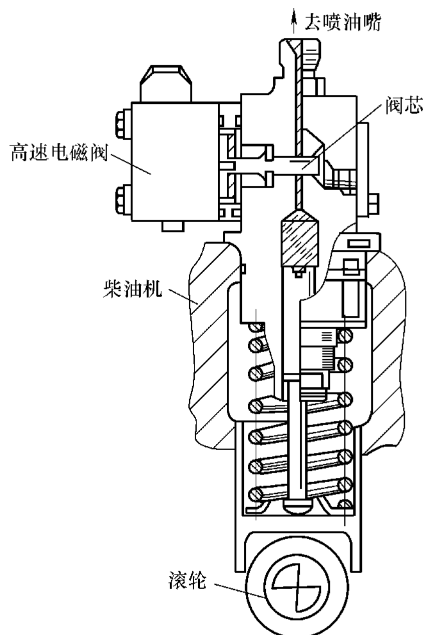


图 2-35　早期电控单体泵

98. 电控单体泵的结构形式有几种?

电控单体泵有早期电控单体泵和电控变量柱塞单体泵二种。

单体泵电控系统的燃油喷射一般由 ECU 通过电磁阀控制，电磁阀的瞬时动作决定喷油的时刻，喷油量则由电磁阀通电时间的长短来确定。早期的电控单体泵如图 2-35 所示，由 ECU 控制的二位二通电磁阀安装在单体泵的出油端，控制其回油通道。当电磁阀开启单体泵回油通道时，单体泵内的柱塞即使进入泵油行程，也不能使柴油加压，只有当电磁阀关闭单体泵回油通道时，油压才迅速升高，高压柴油经一段很短的高压油管供给喷油道并使喷油器喷油，直到电磁阀再次开启回油通道时，油压迅速降低，喷油立即停止。电磁阀的关闭时刻即为单体泵供油的开始时刻，每次关闭的持续时间决定供油量。

为使单体泵的供油规律符合柴油机的工作需要，有些单体泵电控系统采用了变量柱塞单体泵，如图 2-36 所示。变更柱塞单体泵在泵油柱塞上方增加了一个增压套筒，这样就在单体泵中形成两个泵油腔：一个是柱塞与增压套筒之间形成的较小泵油腔 *A*，另一个是增压套筒与柱塞套筒之间形成的较大泵油腔 *B*。在单体泵的泵油行程中，开始阶段是由柱塞压缩较小泵油腔 *A* 中的柴油，由于柱塞顶部压油面积小，供油量较少；后期柱塞带动增压套筒压缩较大泵油腔 *B* 中的柴油，由于增压套筒顶部压油面积大，所以供油量也较多，整个供油过程形成了初期供油量小、后期供油量多的供油规律。通过匹配柱塞、增压套筒和柱塞套筒的尺寸，可以改变两个泵油腔 *A* 和 *B* 的容积以及两个阶段的供油过程，从而调整单体泵的供油规律。与前述电控单体泵一样，利用高速电磁阀控制变量柱塞泵的回油通道，以控制其供油的开始与结束时刻。

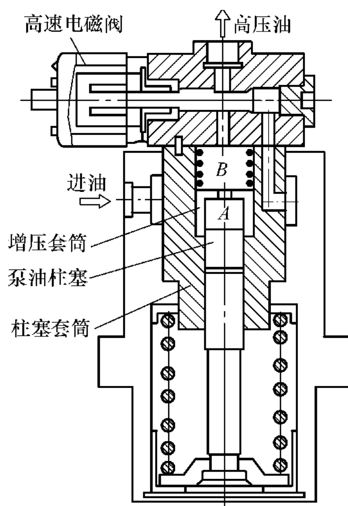


图 2-36　电控变量柱塞单体泵

99. 电控单体泵系统的结构是怎样的?

电控单体泵（EUP）系统本质上采用了与电控泵喷嘴（EUI）相同的技术，电控单体泵是电控泵喷嘴的衍生品，广泛应用在重型柴油机上。在欧洲，电控单体泵系统在重

型柴油机上的应用约占75%的份额，已具有绝对优势。电控单体泵系统的主要生产商为德国博世公司和美国德尔福公司。

电控单体泵系统的结构组成如图2-37所示，它主要由单体泵、电磁阀、柱塞、柱塞回位弹簧、凸轮轴和滚轮随动机构等组成。

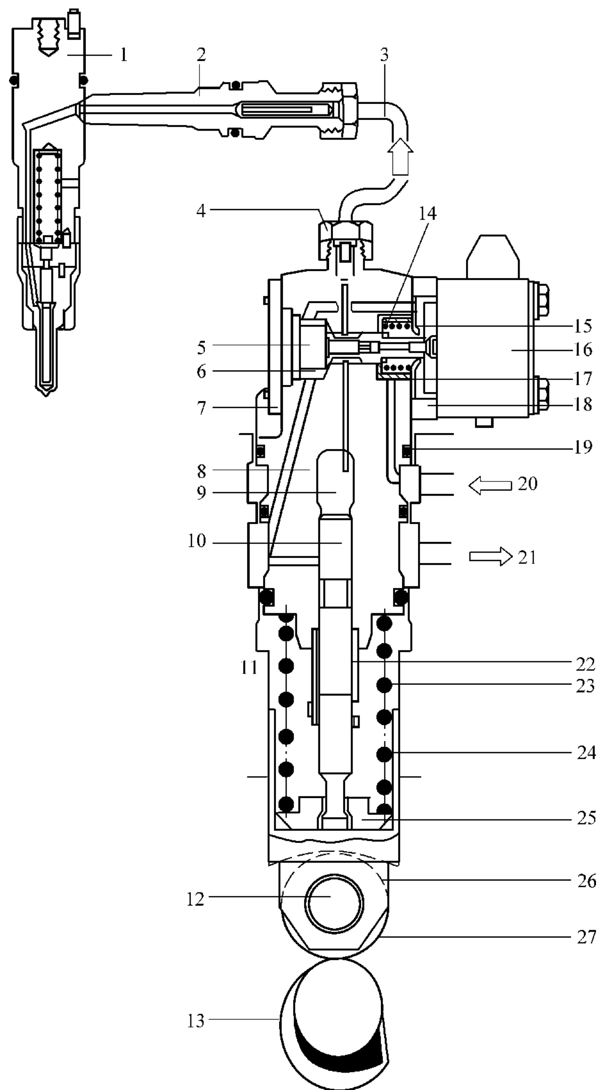


图2-37　电控单体泵系统的结构组成

1—喷油器总成　2—高压油管接头　3—高压油管　4—接头　5—挡铁　6—电磁阀中的针阀　7—板　8—单体泵　9—高压油腔　10—柱塞　11—发动机缸体　12—销子　13—凸轮轴　14—弹簧盘　15—电磁阀弹簧　16—电磁阀　17—衔铁板　18—中间板　19—密封胶圈　20—低压燃油进口　21—燃油回流口　22—柱塞回位装置　23—柱塞回位弹簧　24—挺杆体　25—弹簧盘　26—挺杆　27—滚轮



100. 电控单体泵系统的工作原理是怎样的？

电控单体泵的工作原理与电控泵喷嘴相似，在电控单体泵总成中，六缸发动机有 6 个单体泵组成一个直列泵，安装在发动机气缸体的侧面，并由发动机凸轮轴驱动单体泵总成，按发火顺序工作。燃油喷射所需要的高压由单体泵套筒内做往复运动的柱塞产生，但油量控制和喷油正时则由 ECM 进行控制。在电控单体泵中，喷油器柱塞已没有螺旋槽，也没有机械式供油量调节齿节，其结构与工作原理与电控泵喷嘴系统很相似。

电控单元根据加速踏板位置、涡轮增压压力、空气质量流量、曲轴转速、凸轮轴位置（同步信号）、机油压力和温度、燃油压力和温度、冷却液温度等信号，控制喷油量和喷油正时。电控单体泵系统喷油压力可达 150MPa 以上。ECM 发出指令，只有电磁阀关闭、柱塞向上移动时才开始喷油，而当电磁阀打开（通电）时，柱塞在回位弹簧作用下向下移动时，低压燃油开始溢流回油箱。

101. 电控泵喷嘴/单体泵系统使用的主要传感器有哪些？

电控泵喷嘴/单体泵系统使用的传感器有：发动机冷却液温度传感器；空气温度传感器；机油温度传感器；燃油温度传感器；进气管压力传感器或增压压力传感器；大气压力传感器；机油压力和燃油压力传感器；曲轴转速传感器；凸轮轴位置传感器；加速踏板位置传感器和热膜式空气流量传感器。

102. 电子控制单元控制的内容有哪些？

电子控制单元接收各种传感器信号和各种开关信号，并将它们进行处理，执行既定的程序，将运算结果作为控制指令输出到执行器；另外，它还有通信功能，ECM 和其他控制系统进行数据传输和交换，还可以根据实际情况修正燃油系统的执行指令，即修正喷油量、喷油提前角等。

电子控制单元的具体控制内容有起动油量调节、行驶油量调节、怠速调节、运转平稳性调节、巡航控制、限制油量调节、海拔校正、断缸控制、关闭发动机控制、电子防盗、空调控制、泵喷嘴或单体泵电磁触发等及其他附加控制，如自动变速器换档控制、ABS 控制、TCS 控制、EGR 控制、电子稳定程序控制（ESP）、发动机闭环控制和车载计算机等。

103. 电控泵喷嘴/单体泵的主要执行器有哪些？

执行器接收 ECM 发出的控制指令，调节发动机的喷油量和喷油正时，从而调节发动机的运行状态。在电控柴油机上，执行器主要有喷油器（喷油嘴）、电磁阀、电热塞继电器、电热塞、EGR 执行器、空调关闭执行装置、故障诊断插座和显示装置、节气的控制器、涡流执行器以及用于制动的装置，如发动机制动装置、附加的发动机制动装置、缓速器、电磁离合器（风机）控制装置等。

四、电控共轨燃油系统

104. 什么是电控高压共轨技术？

电控高压共轨技术是指在高压油泵、压力传感器和 ECM 组成的闭环控制系统中，喷油压力大小与发动机转速无关的一种供油方式。在共轨系统中，喷射压力的产生和喷射过程是完全彼此分开的。高压油泵把高压燃油输入到蓄压器（共轨）中，通过对蓄压器内油压调

整实现精确控制，使最终高压油管压力大小与发动机的转速无关。ECM 控制喷油器的喷油量，而喷油量大小则由蓄压器中燃油压力和电磁阀开启时间的长短决定，即为时间控制式。

105. 电控高压共轨燃油系统由哪些部分组成？

电控高压共轨燃油系统从功能方面分析，电控共轨系统可分成控制系统和燃油供给系统两大部分，如图 2-38 所示。

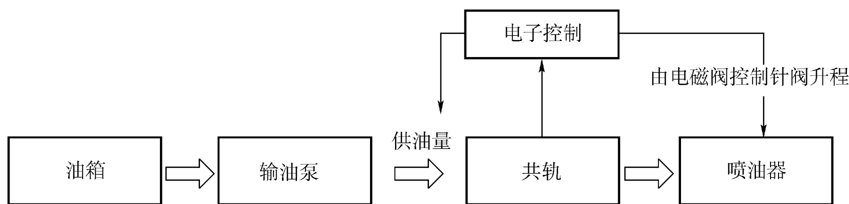


图 2-38 电控高压共轨燃油系统构成框图

电子控制高压共轨燃油系统的基本组成如图 2-39 所示。

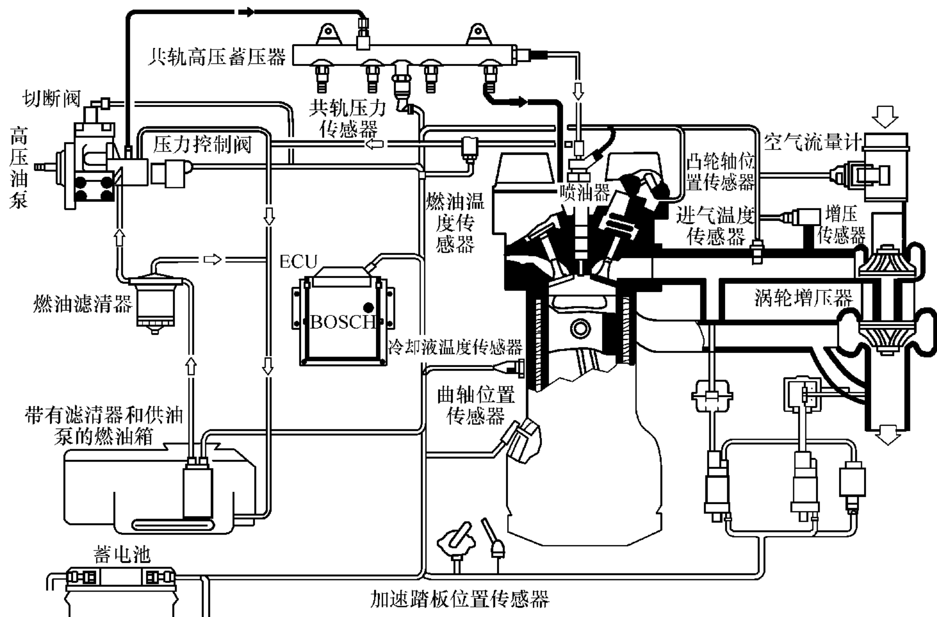


图 2-39 电子控制高压共轨燃油系统的基本组成

106. 电控共轨系统控制系统的组成及功能是怎样的？

电控共轨控制系统可以分成三大部分：传感器、电控单元和执行器。电控单元是电控共轨燃油系统的核心部分。

根据各个传感器的信息，ECU 进行计算，完成各种处理后，求出最佳喷油时间和最合适的喷油量，并且计算出在什么时刻、在多长的时间范围内向喷油器发出开启电磁阀或关闭电磁阀的指令等，从而精确控制柴油机的工作过程。

电子控制系统的核心是 ECU（电子控制单元）。ECU 就是一个微型计算机。ECU 的输入是安装在车辆和柴油机上的各种传感器和开关的信号，ECU 的输出是送往各个执行机构的



电子控制信息。

共轨电控系统的框图如图2-40所示。

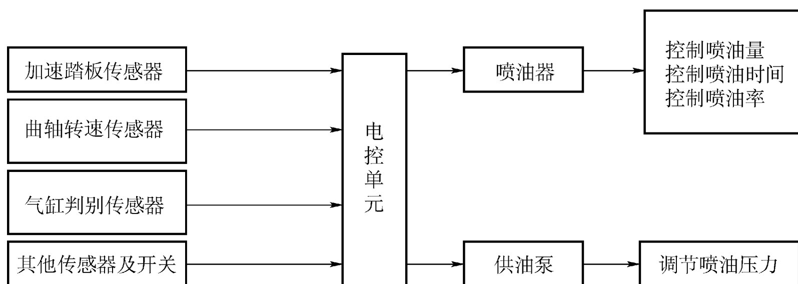


图2-40 共轨电控系统的控制框图

107. 电控共轨燃油系统供油系统由哪些部分组成？

如图2-41所示，燃料供给系统主要由供油泵、共轨和喷油器组成。燃油供给系统的基本工作原理：供油泵将燃油加压成高压供入共轨内。共轨实际上是一个燃油分配管。储存在共轨内的燃油在适当的时刻通过喷油器喷入发动机气缸内。电子控制共轨系统中的喷油器是由电磁阀控制的喷油阀，电磁阀的开启和关闭由电子控制单元控制。

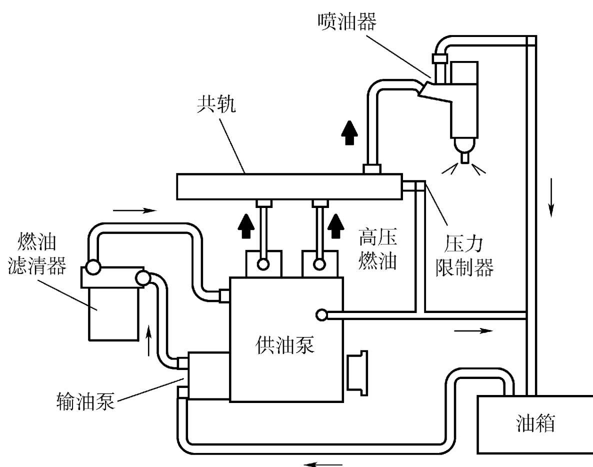


图2-41 电子控制共轨控制系统燃油供油系统组成

高压共轨系统主要由油箱、高压输油泵、共轨、喷油器和各种电子元件组成。高压输油泵从油箱中吸出柴油并将油压提高到约120MPa后输入共轨，高压输油泵的供油量一般几倍于实际喷油量以保证供油的可靠性，多余的燃油经回油管流回油箱。高压输油泵的出口端装有一个用来调节共轨中油压的调压阀，ECU根据柴油机的转速、负荷等控制调压阀的开度，从而增加或减少高压输油泵输送给共轨的油量，实现对共轨中油压的控制，以保证供油压力稳定在目标值，使喷油压差保持不变。此外，ECU还根据燃油压力传感器信号对共轨中的油压进行闭环控制。

柴油机高压共轨系统采用的喷油器均为电控液力控制式，它主要由高速电磁阀和各种液压伺服机构组成。ECU通过控制高速电磁阀工作对喷油器喷油的开始时刻和喷油时间进行控制。液压伺服机构的工作油液就是共轨中的高压柴油。

108. 电子控制共轨燃油系统的工作原理是怎样的？

电子控制共轨燃油系统的工作原理如图2-42所示。燃油由发动机凸轮轴驱动的齿轮泵经滤清器从油箱中抽出，通过一个电磁紧急关闭阀流入供油泵。此时的压力约为0.2MPa，然后，油流分为两路：一路经过安全阀上的小孔作为冷却油通过供油泵的凸轮轴流入压力控

制阀，然后流回油箱；另一路充入3缸供油泵。在供油泵内，燃油压力上升到135MPa，供入共轨；共轨上有一个压力传感器和一个通过切断油路来控制流量的压力调节阀。用这种方法来调节控制单元设定共轨压力。

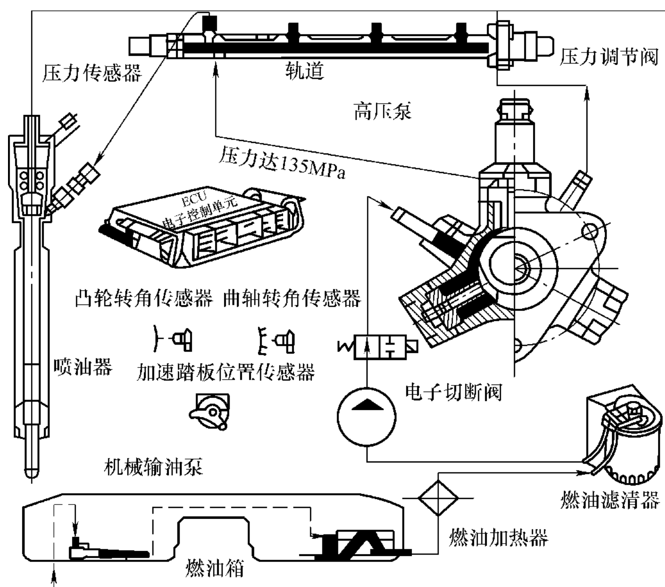


图2-42　电子控制共轨系统的工作原理

高压燃油从共轨流入喷油器后又分为两路：一路直接喷入燃烧室；另一路在喷油期间，与针阀导向部分和控制柱塞处泄漏出的燃油一起流回油箱。

在电子控制共轨系统中，由各种传感器（如发动机转速传感器、加速踏板位置传感器、各种温度传感器等）实时检测出发动机的实际运行状态，由电子控制单元根据预先设计的计算程序进行计算后，定出适合于该运转状态的喷油量、喷油时间、喷油率模型等参数，使发动机始终都能处于最佳工作状态。

在电子控制高压共轨系统中，供油压力与发动机的转速、负荷无关，是可以独立控制的。由共轨压力传感器测了燃油压力，并与设定的目标喷油压力进行比较后进行反馈控制。

109. 电子控制共轨系统的控制功能有哪些?

电子控制共轨系统的控制功能主要有以下几个方面：

（1）自由调节喷油压力（共轨压力控制）

通过控制共轨压力而控制喷油压力。系统利用共轨压力传感器测量燃油压力，从而调整供油泵的供油量，调整共轨压力。此外，系统还可以根据柴油机转速、喷油量的大小与设定了的最佳值（指令值）始终一致地进行反馈控制。

（2）自由调节喷油量

以柴油机的转速及油门开度信号为基础，计算机计算出最佳喷油量，并控制喷油器的通断电时间。

（3）自由调节喷油率形状

根据柴油机用途的需要，设置并控制喷油率形状：预喷射、后喷射、多段喷射等。



（4）自由调节喷油时间

根据柴油机的转速和喷油量等参数，计算出最佳喷油时间，并控制电控喷油器在适当的时刻开启，在适当的时刻关闭等，从而准确控制喷油时间。

110. 电子控制共轨燃油系统喷射方式有几种?

电子控制共轨燃油系统喷射方式有：一段喷油法、二段喷油法和多段喷油法 3 种。

111. 什么是一段喷油法?

一段喷油法是在一个工作循环中只有一次喷射，即主喷射。应用于早期的电子控制柴油机燃油系统。

112. 什么是二段喷油法?

二段喷油法是指在主喷油之前有一个喷油相当小的预喷过程，即预喷射加主喷射。

在主喷射之前进行预喷射（时间间隔约 1ms）可以使燃烧噪声明显降低，这是一项已经实用化了的技术。但是，由于预喷射会导致 PM 排放增加，因此可以使预喷射段靠近主喷射段，从而降低 PM 排放。

113. 什么是多段喷油法?

多段喷油法是将每一个工作循环中的喷油过程分成若干段来进行，每段喷油均是相互无关、各自独立的，其主要目的是控制燃烧速度。多段喷油一般包括引导喷射、预喷射、主喷射、后喷射和次后喷射等多段。在多段喷射过程中，电磁阀必须完成多次开启、关闭动作，因此驱动能量和消耗能量成了问题。

在主喷射前后的预喷射、后喷射中，由于喷油的间隔相互靠近，因此前段喷射会对后段喷射的喷油量带来影响。解决的办法是：利用喷油压力和喷油间隔，修正后续的喷油指令。

114. 在多段喷油构成中，各段喷油的作用是什么?

在多段喷油构成中各段喷油的作用如下：

1）引导喷射。通过预混合燃烧、降低颗粒排放。

2）预喷射。缩短主喷射的着机延迟、降低 NO 和燃烧噪声。

3）后喷射。促进扩散燃烧、降低颗粒排放。

4）次后喷射。排温升高、通过供给还原剂、促进后处理（催化剂）。

115. 共轨燃油系统的主要部件有哪些?

共轨燃油系统主要部件有预供油泵、燃油滤清器、高压油泵、压力控制阀、高压共轨管、限压阀、流量限制器、喷油器等。

116. 共轨燃油系统的预供油泵功用及类型有哪些?

预供油的功用是负责向高压油泵提供充足的燃油。其类型可分为：电动式供油泵和机械式供油泵 2 种。

1）电动式供油泵有两类：

① 装在燃油箱外面，燃油箱和滤清器之间的输油管路上，并固定在汽车底板总成上。

② 装在燃油箱里，电动机和液压元件都在油箱里，共用一个滤清器、油位传感器和储存油管。

供油泵主要由泵、电动机、端盖三个元件组成。

2）机械式供油泵与高压油泵融为一体，且一同被驱动或附着在发动机上直接受发动机驱动。驱动的一般形式是耦合驱动或用齿轮或传动带动驱动。齿轮泵由两个反向旋转的齿轮构成。

117. 燃油滤清器的作用与结构是怎样的？

为了使油泵、喷油器等元件保持清洁，在燃油系统安装滤清器是必要的。除此之外，滤清器可以减少燃油中水对喷油器的腐蚀。滤清器中有一个储水室。调整放水螺钉，可以排除滤清器中的水。当需要排水时，警告装置将点亮警告灯。

118. 高压油泵有什么作用？

高压泵是低压和高压部分的交接点。在车辆使用过程当中，在各个工况下，它提供足够的高压油，包括快速起动所需的燃油和共轨管中的燃油。

高压油泵持续产生共轨高压蓄压器所需的压力。与传统相比，无需对每个独立的喷油器进行燃油专门供给。

高压油泵在柴油机上的安装位置与以往的分配泵相同，高压油泵由发动机（发动机转速范围的一半，最大为3000r/min）通过联轴节、齿轮、链条或齿形皮带进行驱动，并且通过自身泵出的柴油润滑。

119. 高压油泵由哪些部件组成？

高压油泵主要由泵体、切断阀、安全阀、压力控制阀等部件组成，如图2-43、图2-44所示。

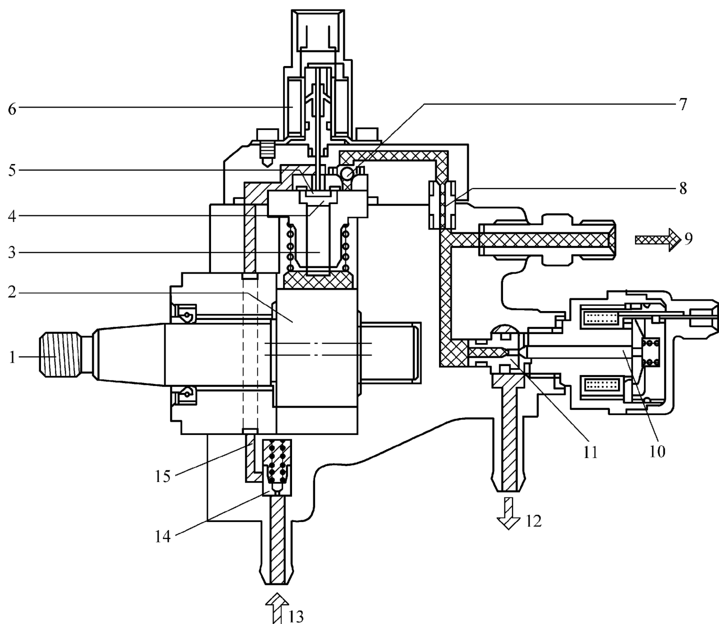


图2-43　高压油泵的组成（纵断面图）

1—驱动轴　2—偏心轮　3—带油泵柱塞的泵油组件　4—高压室　5—吸油阀　6—停油阀　7—出油阀　8—密封件　9—通往轨道的高压接头　10—内压控制阀　11—球阀　12—回油口　13—进油口　14—带节流孔的安全阀　15—通向泵油元件的低压槽



120 高压共轨供油系统的低压部分有哪些部件？

高压共轨供油系统的低压部分如图2-45所示，为高压部分提供足够的燃油。低压级最重要的部件包括：油箱、带粗滤器的输油泵、低压输油管、回油管、燃油滤清器及高压泵的低压级等。

121 高压共轨供油系统的高压部分由哪些部件组成，其作用是什么？

高压共轨供油系统的高压部分除产生高压外，在高压级还进行燃油分配和燃油测量，如图2-46所示。其最重要的部件是：带节流阀和内压的高压泵、高压蓄压器、轨道压力传感器、限制压力阀、流量限制器和喷油器。

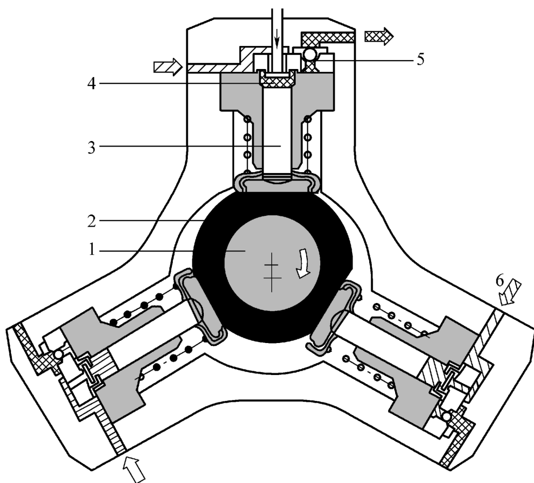


图2-44　高压油泵断面图
1—驱动轴　2—偏心凸块　3—带油泵柱塞的泵油组件　4—吸油阀　5—出油阀　6—进油

122. 高压油泵的工作原理是怎样的？

高压油泵的工作原理是：燃油通过带有油水分离器的燃油滤清器过滤，供油泵通过进油管和安全阀泵将燃油输送至高压油泵。使燃油强制通过安全阀处的节流孔，进入高压油泵的润滑和冷却系统。带有偏心凸轮的驱动轴带动3个泵柱塞随着凸轮的形状上下运动。

压力达到安全阀开启压力（50～150kPa）时，供油泵泵出的油将通过高压油泵进油阀进入泵腔，此时泵腔中的活塞向下运动（吸油过程）。当活塞到达下止点时，进油阀关闭。当泵腔中的油压超过输送过程中正常压力时，压力会再增加将会打开出油阀，将油输送到高压油路。

泵活塞继续输送燃油，一直到上止点（压油过程），之后压力迅速下降，活塞回位，出油阀关闭，直到活塞再次向下运动。

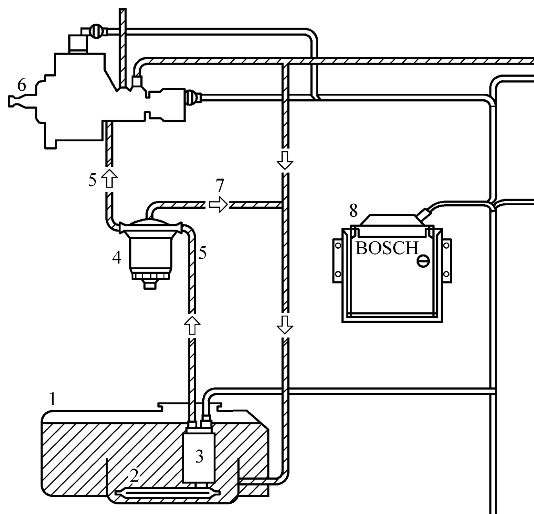


图2-45　高压共轨供油系统的低压部分
1—油箱　2—粗滤器　3—输油泵　4—滤清器　5—低压输油管　6—高压泵的低压级　7—回油管　8—ECU

泵腔中的压力降到油泵压力以下时，进油阀再次开启，开始下一个循环。

123. 高压共轨供油系统的压力控制阀作用是什么？

高压共轨供油系统的压力控制阀的作用是：保持共轨管中的压力正确和恒定。如果共轨压力过高，压力控制阀打开，部分燃油通过回油管回到燃油箱；如果共轨压力过低，压力控

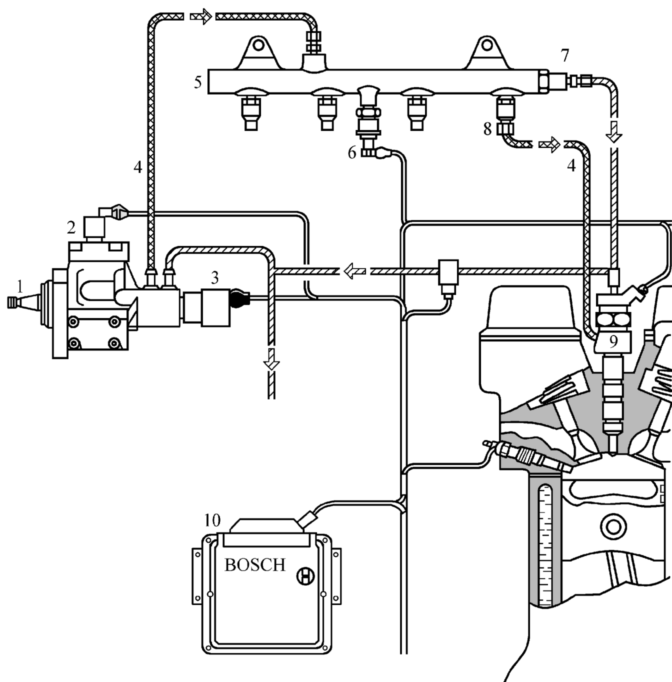


图 2-46 电控高压共轨供油系统的高压部分
1—高压泵 2—停油阀 3—内压控制阀 4—高压燃油管
5—高压蓄压器（轨道）6—轨道压力传感器 7—压力限制阀
8—流量限制器 9—喷油器 10—ECU

制阀关闭，由低压升为高压。

压力控制阀一般通过一个法兰盘装在高压油泵或共轨高压蓄压器上。

124. 高压共轨供油系统压力控制阀的组成及工作原理是怎样的?

高压共轨供油系统压力控制阀主要由电磁铁、弹簧、电枢、球阀等组成如图 2-47 所示。

根据柴油机负荷的函数设定共轨中压力，并将其保持在该水平。如果轨压超出，内压控制阀打开，一部分燃油通过集油管从轨道返回到油箱。若轨压太低，内压控制阀关闭，将高压级与低压级隔开并密封。

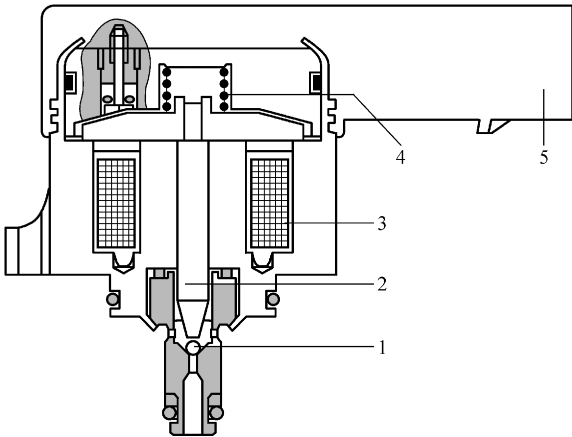


图 2-47 压力控制阀的组成
1—球阀 2—电枢 3—电磁铁 4—弹簧 5—插头

高压共轨供油系统压力控制阀的工作原理如下：

1）压力控制阀不通电时，共轨管中的高压油或高压油泵输出的油通过高压入口进入压力控制阀，不通电时没有电磁铁的外力作用，过量的高压油的压力大于弹簧的弹力，顶开弹簧，压力控制阀开启大小由油量决定。弹簧预先设计



最大压力约为 10MPa。

2）压力控制阀通电时，压力继续增加，电磁铁通电，弹簧的弹力增加，使压力控制阀保持关闭状态，直到一边的高压压力与另一边弹簧的弹力加电磁铁的力达到平衡，阀门打开，燃油压力保持恒定。油泵油量的变化或过量高压油的排除通过控制阀门来实现。PWM 脉宽的励磁电流和电磁力是对称的。1KHz 的脉冲频率提供足够的电磁力，防止不必要的电磁铁移动或（和）共轨管压力的波动。

125. 共轨高压蓄压器的作用是什么？

高压蓄压器为所有气缸所共有，因此将其称作“共轨”。共轨高压蓄压器（轨道）如图 2-48 所示，主要作用是存储高压燃油，同时，高压油泵供油和喷油而产生的压力波动可在共轨中得到抑制。

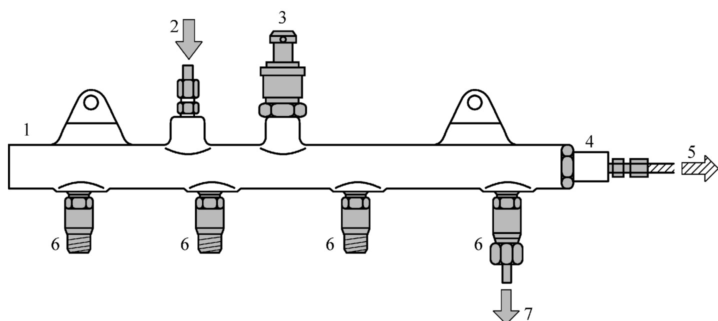


图 2-48　高压蓄压器的组成

1—轨道　2—高压泵端的进油口　3—轨道压力传感器　4—压力限制阀　5—油箱端的出油口　6—流量限制器　7—喷油器端的油管

共轨高压蓄压器储存高压燃油，同时压力波动的产生取决于高压油泵的燃油分配和共轨管燃油容积的衰减。

共轨高压蓄压器对所有缸而言都是公用的，因此叫共轨，当大量的燃油排出时，几乎能维持内部的压力不变，这可确保喷油剩余的压力在喷油器打开时仍然恒定。

126. 电控高压共轨供油系统中限压阀的作用是什么？

限压阀和过压阀做同样的工作。限压阀通过打开轨道旁通道限制轨道中的压力。限压阀允许短时间内轨道上的最大压力为 150MPa。

限压阀一般安装在共轨高压蓄压器上。

127. 电控高压共轨限压阀的组成及工作原理是怎样的？

限压阀是个机械装置，主要由底座螺钉（拧到轨道上）、一端连接到油箱的回油箱、可移动的柱塞、弹簧等部件组成，如图 2-49 所示。

限压阀连接到轨道上以后，底座上有一个通道，一个圆锥形的柱塞与底座的表面接触，形成成密封面，在正常的工作压力（大于 135MPa）下，弹簧推动柱塞与底座接合，轨道保持压力。当压力过高时，柱塞被轨道压力推动，克服弹簧压力，燃油通过压力内部的通道流回燃油箱。当阀门打开时，轨道中的压力便会降低。

128. 电控高压共轨供油系统的流量限制器有什么作用?

喷油器总在打开位置，为了阻止燃油连续不断地喷入，流量限制器将关闭油路。

流量限制器一侧通过螺纹拧到轨道上（高压）另一侧通过螺纹拧到喷油器路上。每个底座都带有一个通道，目的是与轨道进行液压连接，与喷油器进行油路连接。

129. 电控高压共轨供油系统的流量限制器的结构是怎样的?

流量限制器主要由柱塞、弹簧、底座、外壳等零件组成，如图 2-50 所示。

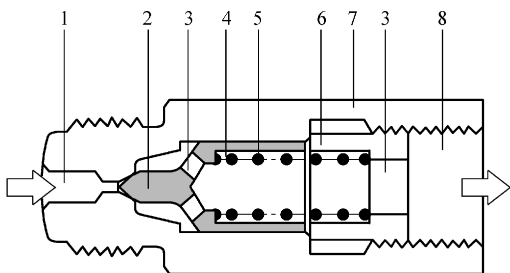


图 2-49　限压阀

1—高压接头　2—阀门　3—通道　4—柱塞　5—压力弹簧　6—限位件　7—阀体　8—回油

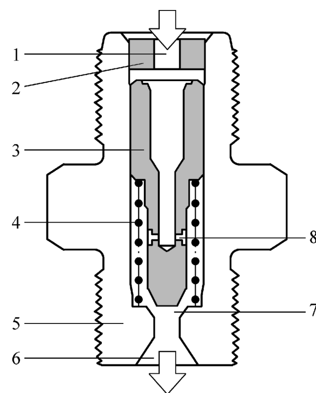


图 2-50　流量限制器的结构

1—轨道端的接头　2—锁紧垫圈　3—柱塞　4—压力弹簧　5—外壳　6—喷油器端的接头　7—座面　8—节流孔

流量限制器内部有一个柱塞，通过弹簧直接与共轨高压蓄压器相连。柱塞的底座密封，通道贯穿进出口。通道的尾部直径减少，起节流作用。

130. 电控高压共轨供油系统的流量限制器的工作原理是怎样的?

流量限制器的作用是在非常情况下阻止喷油器常开并持续喷油。为达到这一要求，一旦从轨道输出的油量超出规定的水平，流量限制器就关闭通往这一喷油器的油路。正常工作时，柱塞处在它的静止位置，也就是说，靠在共轨一侧的限位件上。当喷油时，喷油器端的压力下降，导致柱塞向喷油器方向移动。流量限制器通过由柱塞移动而产生的排油量来补偿喷油器从轨道中获得的油量，而不是通过节流孔。在喷油过程结束时，柱塞停止移动，但并没有靠在密封座面上关闭出油口，弹簧将它压回静止位置，燃油从节流孔内流出。弹簧和节流孔经计算选定，以便即使是在最大喷油量（加上安全储备）时，柱塞也能回到流量限制器轨道侧的限位件上，并直至下一次喷油。

131. 博世公司高压共轨系统电磁喷油器的结构是怎样的?

博世公司高压共轨系统的电磁喷油器主要由控制柱塞、喷油嘴针阀和电磁阀等组成。如图 2-51 所示。

燃油从高压接头经一进油通道送往喷油嘴，经进油节流孔送入控制室。控制室通过由电磁阀打开的回油节流孔与回油孔连接。

回油节流孔在关闭状态时，作用在控制活塞上的液压力大于作用在喷油嘴针阀承压面上



的力，因此喷油嘴针阀被压在座面上，从而没有燃油进入燃烧室。

电磁阀动作时，打开回油节流孔，控制室内的压力下降，当作用在控制活塞上的液压力低于作用在喷油嘴针阀承压面上的作用力时，喷油嘴针阀立即开启，燃油通过喷油孔喷入燃烧室。由于电磁阀不能直接产生迅速关闭针阀所需的力，因此，经过一个液力放大系统实现针阀的这种间接控制。在这个过程中，除喷入燃烧室的燃油量之外，还有附加的所谓控制油量经控制室的节流孔进入回油通道。

除喷油量和控制油量外，还有针阀导向部分和活塞导向部分的泄漏油量。这种控制油量和泄漏油量经带有集油管（溢流阀、供油泵和调压阀也与集油管接通）的回油通道回流到油箱。

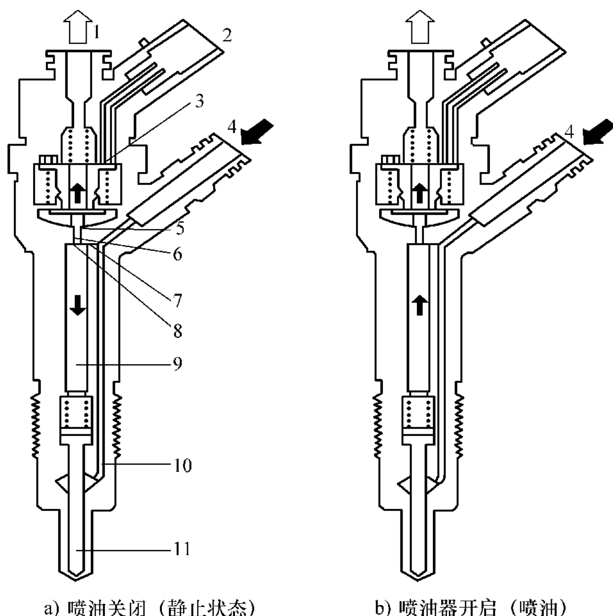


图 2-51　博世共轨式喷油器

1—回油管　2—电气接头　3—触发元件（电磁阀）　4—来自共轨的燃油进口（高压）5—阀球　6—泄油孔　7—供油孔　8—阀的控制腔　9—阀的控制柱塞　10—通向喷油嘴的供油通道　11—喷油嘴针阀

在发动机和供油泵工作时，喷油器的工作可分为四个工作状态：

1）喷油器关闭（以存有的高压）。

2）喷油器打开（喷油开始）。

3）喷油器完全打开。

4）喷油器关闭（喷油结束）。

上述工作状态是通过喷油器构件上的作用力产生的。发动机不工作和共轨中没有压力时，喷油器高压弹簧将喷油嘴关闭。

132. 喷油器的工作原理是怎样的？

喷油器的工作原理如下：

1）喷油器关闭（静止状态）。电磁阀在静止状态不受控制，因此是关闭的如图 2-51 所示。回油节流孔关闭时，电枢的钢球通过阀弹簧压在回油节流孔的座面上。控制室内建立共轨的高压，同样的压力也存在于喷油嘴的内腔容积中。共轨压力在控制柱塞端面上施加的力及喷油器调压弹簧的力大于作用在针阀承压面上的液压力，针阀处于关闭状态。

2）喷油器开启（喷油开始）。喷油器一般处于关闭状态。当电磁阀通电后，在吸动电流的作用下迅速开启，如图 2-51 所示。当电磁铁的作用力大于弹簧的作用力时，回油节流孔开启，在极短时间内，升高的吸动电流成为较小的电磁阀保持电流。随着回油节流孔的打开，燃油从控制室流入上面的空腔，并经回油通道回流到油箱。控制室内的压力下降，于是控制室内的压力小于喷油嘴内腔容积中的压力。控制室中减小了的作用力引起作用在控制柱塞上的作用力减小，从而针阀开启，开始喷油。

针阀开启速度决定于进、回油节流孔之间的流量差。控制柱塞达到上限位置，并定位在进、回油节流孔之间。此时，喷油嘴完全打开，燃油以近于共轨压力喷入燃烧室。

3）喷油器关闭（喷油结束）。如果不控制电磁阀，则电枢在弹簧力的作用下向下压，钢球关闭回油节流孔。

电枢设计成两部分组合式，电枢板经一拨杆向下引动。但它可用复位弹簧向下回弹，从而没有向下的力作用在电枢和钢球上。

回油节流孔关闭，进油节流孔的进油使控制室中建立起与共轨中相同的压力。这种升高了的压力使作用在控制柱塞上端的压力增加。这个来自控制室的作用力和弹簧力超过了针阀下方的液压力，于是针阀关闭。

针阀关闭速度决定于进油节流孔的流量。

133. 卢卡斯 LDCR 型电子液压式喷油器的结构是怎样的?

卢卡斯 LDCR 型电子液压式喷油器的结构如图 2-52 所示，喷油器的直径为 17mm，在喷油器体内安装一只新型的小型压力平衡控制阀，工作时控制电流小。该喷油器用在新型的共轨系统中——主要用于轻型汽车和轿车柴油机上，已经被美国福特公司，法国雷诺公司、PSA 公司及韩国起亚公司所采用。电子液压式喷油器可以精确地控制供油量，能满足高速直喷柴油机的要求，同时也可以方便地安装在四气门发动机上。

134. 卢卡斯电子液压式喷油器的工作原理是怎样的?

当 ECU 驱动电磁控制阀后，控制阀离开座面，针阀和控制腔内的压力下降，但是针阀前面的压力仍然等于共轨中的燃油压力，这个压力差使针阀从座面上升起，供油开始。当电磁线圈中的电流下降到零时，电磁阀内的弹簧迫使控制阀落座，针阀控制腔内的压力增加，作用在针阀后面的压力稍稍比针阀前面的压力大，使针阀落座，结束喷油。

液压系统中的各节流孔用来调整最佳工作状态。在整个速度范围内，主喷射前都可产生预喷射，以减少燃烧噪声。

系统控制软件将一次喷油过程分为四段：两次预喷射、一次主喷射和一次后喷射。

控制阀是该喷油器的技术关键（见图 2-52b），它与众不同，电磁执行器（电磁阀）非常小，反应极快，同时离针阀很近，由于它结构小，运动质量低，压力平衡响应快，离针阀很近，控制阀发出的指令限快就到达针阀，它控制的一个信号到另一个信号之间很接近，这有利于预喷射，由于预喷射很接近主喷射，时间延迟短，可以改善预喷射的质量。

该电液式喷油器的最高喷射压力达 160MPa。

直径 17mm 的喷油器内包含一个新的溢流阀。喷油器小的运动质量使其在每一工作循环内能够完成多段喷射所需的快速控制针阀的打开和关闭。特别是在小喷油量下各次喷油时间差异很小时。

135. 电装公司的电控喷油器结构与工作原理是怎样的?

电装公司电控喷油器主要由喷油嘴、调压弹簧、控制喷油率的量孔、控制活塞和二通阀（TWV）等组成，如图 2-53 所示。与直喷式柴油机中的机械式喷油器体相似，喷油器可用压板等安装在气缸盖内。

电控喷油器中由电磁阀直接控制喷油始点、喷油间隔和喷油终点，从而直接控制喷油量、喷油时间和喷油率。电控喷油器实际上完成了传统喷油装置中的喷油器、调整器和提前



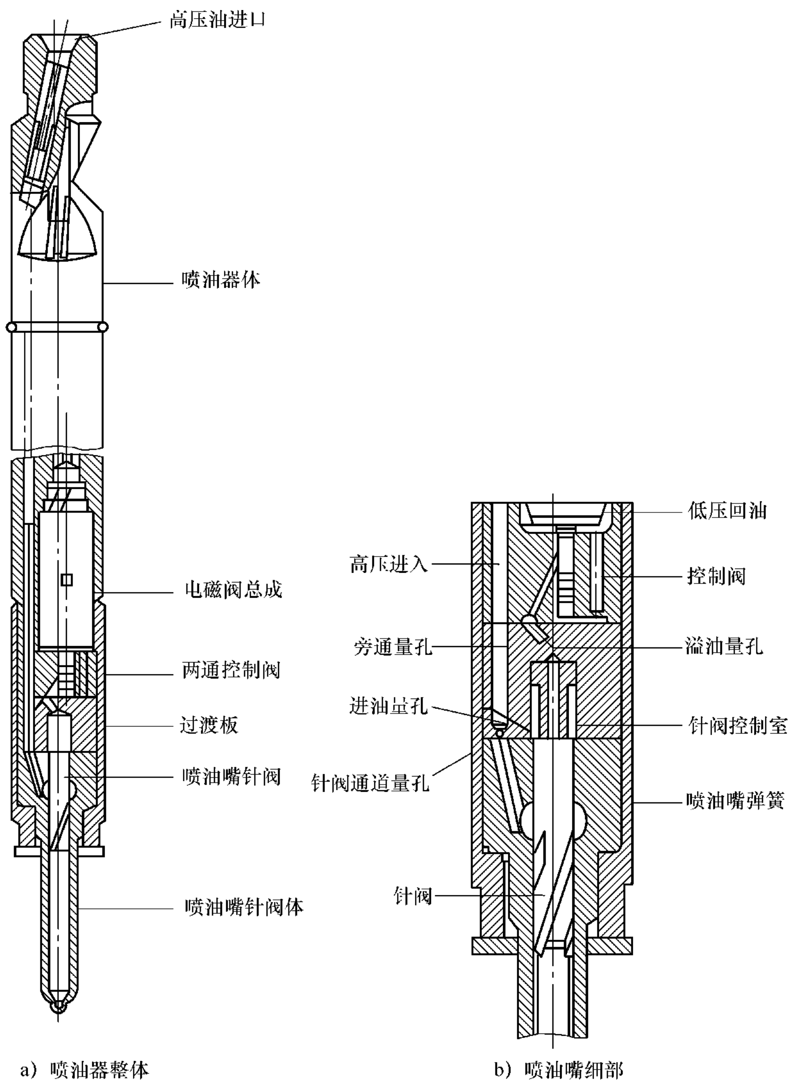


图 2-52　卢卡斯 LDCR 型喷油器的结构

器功能。

136. 喷油器的工作过程分为几步？

喷油器的工作过程一般可分为：（发动机运转而且高压油泵供油）：喷油器关闭（产生高压）、喷油器打开（开始喷油）、喷油器全部打开、喷油器关闭（结束喷油）四步。

作用在喷油元件上的分配力产生操作结果。若发动机停转或共轨中没有压力，则喷油器弹簧将关闭喷油器。

137. 喷油器关闭（复位状态）和打开（开始喷油）的工作过程是怎样的？

（1）关闭

在复位状态下，电磁阀不吸合，因此喷油器关闭，如图 2-54a 所示。弹簧力将电枢下的球阀压向节流孔座处，节流孔关闭。轨道中的高压作用在阀控制室中，而且相同的压力也作

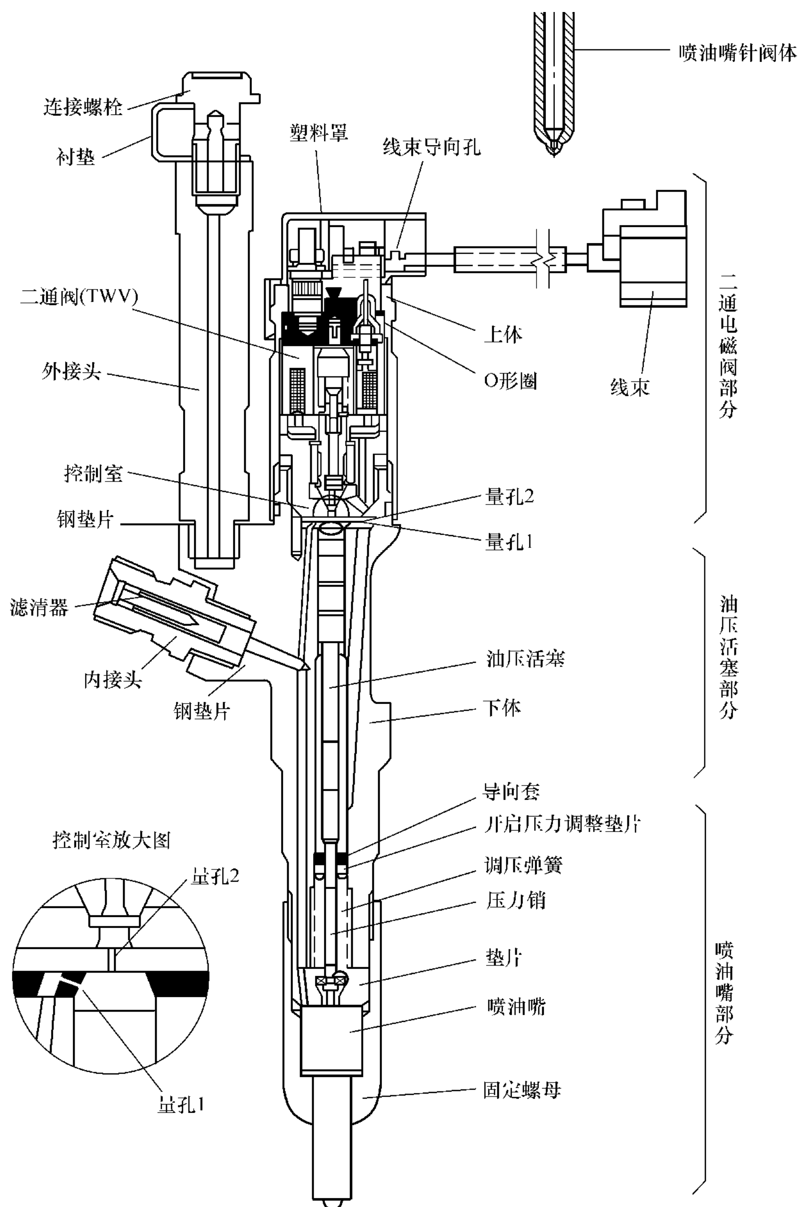


图 2-53　电装公司电控喷油器的结构

用在喷油器腔内。轨道压力作用在柱塞的末端，与喷油器弹簧的弹力一起使喷油器保持关闭状态。

（2）打开

喷油器停留在最初静止位置。电磁阀由伺服电流激活，伺服电流能确保电磁阀迅速开启，如图 2-54b 所示。由触发的电磁阀施加的吸合力大于阀弹簧的拉力时，电枢打开节流孔。几乎与此同时，执行电流减到最小并保持不变，满足电磁铁的需要。由于电磁铁电流的作用，间隙减小是有可能的。节流孔打开，燃油从阀控制室流到刚好位于其上部的腔室，并且从那里通过回油管返回燃油箱。节流孔防止完全的压力平衡，阀控制室中的压力因



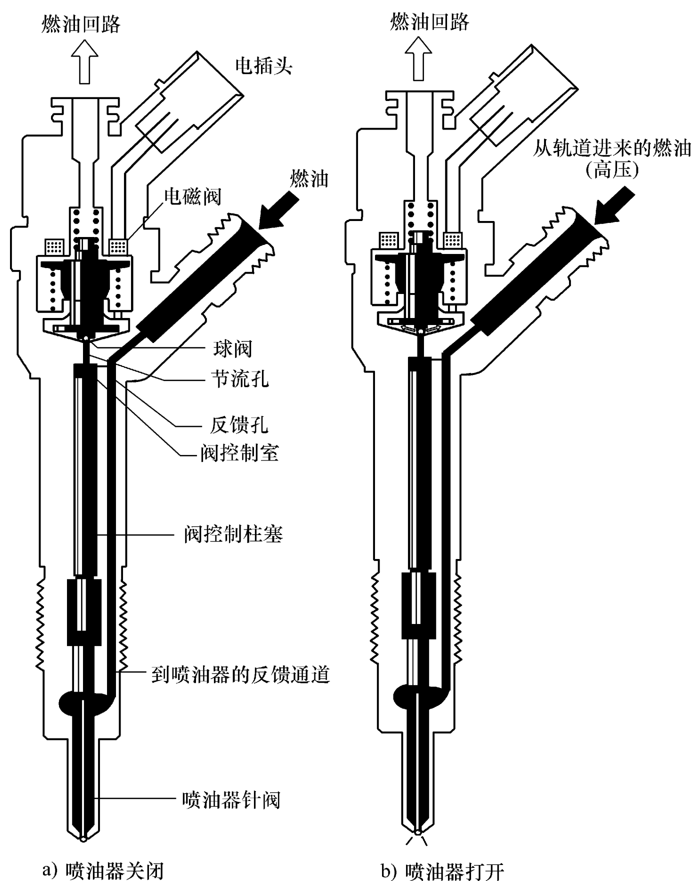


图 2-54　喷油器工作过程

此下降。由此导致阀控制室中的压力低于喷油器腔内的压力，这个压力与共轨中的压力仍旧是一致的。阀控制室的压力降低，引起作用在柱塞上的外力减小，因此针阀打开，燃油喷出。

喷油器针阀打开的速度取决于节流孔和反馈孔的流量。喷油器全开时，喷油器喷入燃烧室的油压几乎等于轨道中的油压，其他的分力很小。

138. 喷油器关闭（喷油结束）工作过程是怎样的?

电磁阀不吸合，弹簧力将球阀压回球阀座中。节流孔关闭，燃油通过反馈孔，阀控制室中充满燃油，压力与针阀弹簧的弹力一起将针阀关闭，喷油器不喷油。喷油器关闭的速度取决于反馈孔的流量。

139. 压电晶体式喷油器结构是怎样的?

压电晶体式喷油器主要由带弹簧的多孔油嘴、控制活塞、进、出油节流孔、二位二通阀和压电晶体部件组成。用于喷油器的压电晶体的结构采用多层技术。多层压电晶体执行器由 20 ~ 200μm 陶瓷层烧结而成，层与层之间有电极，生产技术与多层电容器相似。

采用压电晶体式喷油器结构如图 2-55 所示。

与电磁阀相比，压电执行器具有：没有滞后时间，切换十分迅速而且精确，可重现性非常好，没有因设计造成的以气隙之类的形式出现的偏差，寿命长，工作非常稳定等优点。压电式共轨喷油器是新一代电控喷油器的执行器。

140. 压电式晶体式喷油器工作原理是怎样的?

压电元件具有正向和反向压电效应，当压电元件受到外力变形时，会在压电元件两端产生电压，如压电式进气管绝对压力传感器、爆燃传感器即是利用这一原理来产生信号的；反之，当在压电元件两端施加电压时，压电元件就会发生形变，给压电元件施加正向电压时其体积膨胀，给压电元件施加反向电压时则其体积收缩，压电式喷油器就是利用这一原理来使喷油器控制室油道通断或针阀升程改变，从而实现对喷油量和喷油正时的控制。此外，利用压电元件快速响应的能力，通过压电元件通、断电多次切换，即可实现多次喷射，以满足最佳喷油规律的要求。压电晶体式喷油器具体工作原理如下：

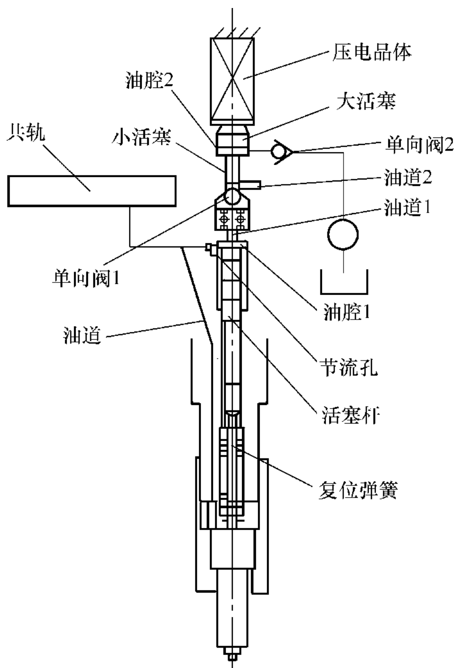


图 2-55　压电晶体式喷油器结构示意图

高压燃油从共轨中进入喷油器后，分成两路：一路由通道进入喷油嘴盛油槽，作用于针阀锥面上；另一路通过节流孔进入活塞顶部的油腔 1，如图 2-55 所示。

当压电晶体堆不通电时，单向阀 1 关闭，油腔中的燃油通过推动活塞杆，关闭喷油嘴，喷油器不喷油。当压电晶体堆通电后，压电晶体伸长，推动大活塞压缩油腔 2 中的燃油，再推动小活塞（此时小活塞行程增大），将单向阀 1 中的钢球推离锥面，从而使高压油腔中的燃油经过通道 1、单向阀 1 及通道 2 回流到油箱。活塞杆上部卸压，针阀在盛油槽中的燃油压力作用下，克服复位弹簧的作用力，向上运动，从而开启喷油嘴，开始喷油。若压电晶体堆断电，单向阀 1 落座，活塞杆向下运动，关闭喷油嘴。图中单向阀 2 是为了补充油腔 2 中的泄漏的燃油，以保证喷油嘴工作可靠。

控制预喷射和主喷射的信号通断的最小时间间隔可以同时选取，最小间隔 4°凸轮转角（发动机转速 4000r/min 时为 8°）。当然，此间隔越大越容易实现。

压电晶体喷油器具有很好的重复性，允许针阀在低压时缓慢开启，当压力为 20 ~ 150MPa 时，针阀快速关闭。

对燃烧室中的油气混合起决定性作用的是喷射特性。即使喷油嘴针阀没有碰到限位块，喷油量很小时也必须保证正常的喷雾过程。西门子公司的共轨系统中采用的喷油嘴是特别设计和制造的。由于采用了改进设计的针阀导杆、VCO 喷油嘴（无压力室喷油嘴）的喷雾特性显得非常稳定。





注意：

1）用压电元件控制油道的喷油器。该类喷油器的结构原理与高压共轨、中压共轨系统采用电磁阀控制的喷油器基本相同，只是用压电元件取代了电磁阀，所以高压共轨系统和中压共轨系统均可使用。博世公司生产的压电式共轨系统一般采用这种喷油器。

2）用压电元件控制针阀升程的喷油器。此类喷油器在直喷式的汽油机和柴油机上均已得到应用。传统的柴油机喷油器，都是利用燃油压力作用在针阀中部的承压锥面上，来使针阀开启实现喷油，而用压电元件控制针阀升程的喷油器，则是利用压电元件直接控制针阀升程来实现喷油。因此，用压电元件控制针阀升程的喷油器，针阀中部无承压锥面和相应的压力室，称之为无压力室喷油器（VCO喷油器）。VCO喷油器无增压功能，只适用高压柴油共轨系统。

141. 电控中压共轨系统由哪些部件组成？

为降低对供油压力的要求，喷油量控制采用“压力控制”方式的中压共轨系统，如图2-56所示。中压共轨系统主要由低压输油泵、蓄压式电/液控制喷油器、调压阀、共轨等组成。ECU根据各传感器信号控制调压阀，以调节共轨中的油压；ECU同时通过控制安装在喷油器上的电磁阀工作，使喷油持续时间保持不变，以实现喷油量的“压力控制”。

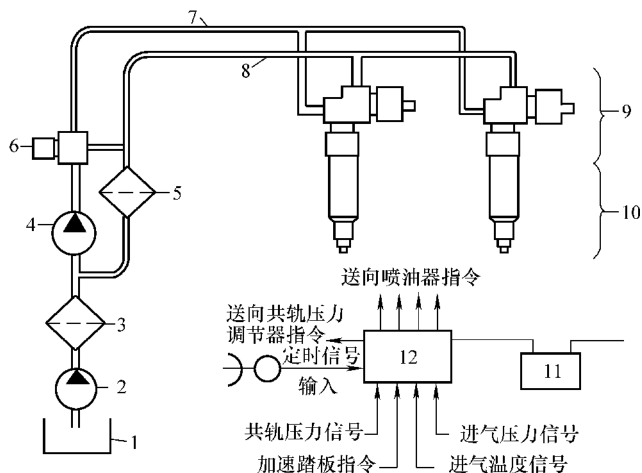


图2-56　中压共轨系统

1—油箱　2—低压输油泵　3—燃油滤清器　4—中压输油泵　5—热交换器　6—调压阀　7—公共油轨　8—回油管　9—电磁阀和油压增压器　10—喷油器　11—蓄电池　12—ECU

在中压共轨系统中，由于共轨中的油压不能满足柴油机对喷油压力的要求，因此都采用具有增压功能的蓄压式电/液控制喷油器。博世公司压电式中压共轨系统如图2-57所示。

142. 中压共轨系统喷油器的工作原理是怎样的？

用于中压共轨系统的蓄压式电/液控制喷油器工作原理如图2-58所示。喷油器上部装有一个电控的三通电磁阀，电磁阀通电时，增压活塞上方进油通道开启而回油通道关闭，共轨

中的低压油进入喷油器中的增压活塞上方，由于增压活塞上方面积在于柱塞下方的面积，根据液力放大原理，经过单向阀进入柱塞下方蓄压室中的燃油压力提高（提高 10 ~ 16 倍，可达 100 ~ 160MPa）并充满喷油器柱塞偶件的油腔，但此时由于在针阀上部油压和复位弹簧力作用下，针阀关闭，喷油器不喷油如图 2-58a 所示。

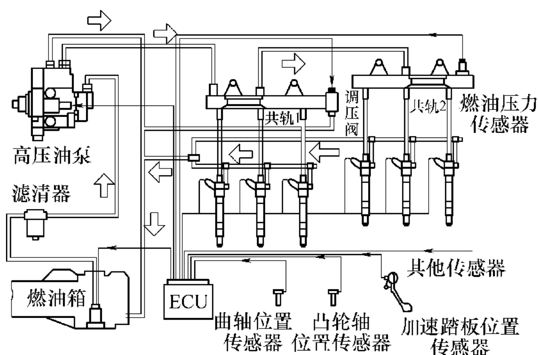


图 2-57　博世公司压电式中压共轨系统

当电磁阀断电时，增压活塞上方回油通道开启而进油通道关闭，针阀上部油压迅速下降，喷油器油腔内的高压燃油将针阀顶开，喷油器开始喷油如图 2-58b 所示，直到喷油器油腔内的油压下降到一定值时，柱塞上方的燃油压力和弹簧力使针阀关闭，喷油结束。喷油时刻取决于电磁阀断电的时刻，由于针阀复位弹簧的弹力是一定的，停止喷油时喷油器油腔内的压力也一定，所以喷油正时（电磁阀断电的时刻）一定时，喷油器的喷油时间也就固定。

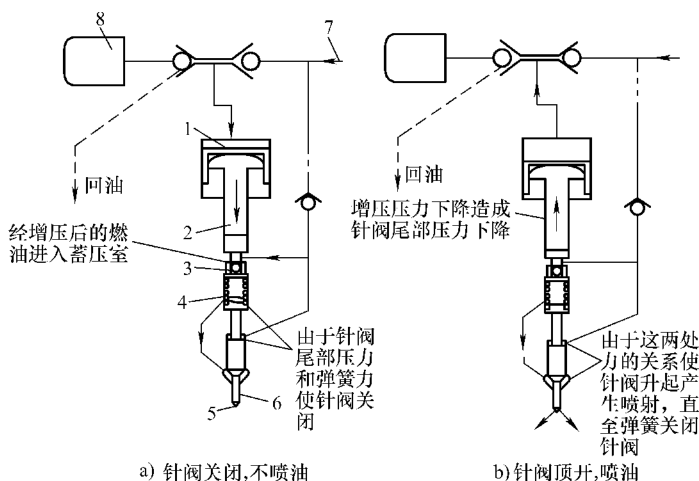


图 2-58　蓄压式电/液控制喷油器工作原理

1—增压活塞　2—增压柱塞　3—止回阀　4—蓄压室　5—针阀密封锥面
6—喷油器针阀　7—共轨　8—电磁阀

143. 什么是压电式共轨系统?

压电式共轨系统是指采用了压电技术的共轨系统，主要是控制喷油器的执行元件用压电元件取代了电磁阀，用压电元件作为控制执行元件的喷油器称为压电式喷油器。由于压电元件像一个在电压下立即就能充电的电容器，它在施加电压以后的 0.1ms 以内就会发生形变，所以压电式共轨系统的响应速度快。也正是由于压电元件具有快速的响应性，才能实现高频率切换（切换频率为电磁阀的 5 倍）和高精度控制，压电式喷油器每个工作循环喷射次数可达 5 次（电磁阀式喷油器为 3 次），最小喷射间隔时间可达 0.1ms，最小喷射量可控制在 0.5mm^3 以下。此外，压电式共轨系统压力可以在 20 ~ 200MPa 内弹性调节，最高喷射压力



达到 180MPa。

144. 压电共轨系统有什么特点?

第一代共轨系统中最高压力约 140MPa，由于始终保持很高压力，导致系统密封难度大，燃油温度高，即使是预喷射和后喷射功能（包括主喷射在内 3 次喷射）也难以实现。第二代共轨系统中的压力较低，且可根据发动机需求而调节共轨中的压力，利用高速电磁阀的快速开闭可实现预喷射和后喷射功能，但受电磁阀工作特性的限制，也难以实现多次喷射功能。第三代共轨系统——压电式共轨系统具有喷射压力高、控制精度高、切换频率高、响应速度快、节能、寿命长等优点，可使喷油速率、喷射规律以及精确度达到最优。

145. 博世高压共轨燃油系统的主要传感器有哪些?

高压共轨燃油系统使用的主要传感器有：共轨压力传感器；空气流量传感器；发动机转速传感器（或曲轴位置传感器)；凸轮轴位置传感器（或气缸判别传感器)；冷却液温度传感器；进气歧管温度传感器；进气歧管压力传感器（或增压传感器)；燃油温度传感器；加速踏板位置传感器；怠速开关；离合器踏板开关和制动开关等。

高压共轨燃油系统中的传感器和执行器如图 2-39 所示。

第三章

柴油机电控系统中的传感器

一、传感器的类型和功用

146. 什么是传感器?

所谓传感器，就是一种能测量各种机械运动状态的物理量并把它们转变成电量的装置。传感器相当于人的感觉器官，通过传感器的感知来正确地检测出各种条件下的物理量。

147. 传感器的常用分类方法有几种?

汽车传感器的种类很多，且一种被测参数可用多种不同类型的传感器来测量，而同一种传感器往往可以测量多种被测参数。传感器的分类方法有很多种。常用的分类方法有：按有无外加能量分类、按信号转换分类、按工作原理分类、按输出信号形式和按检测控制参数5种。

148. 传感器按有无外加能量分类可分为几种?

传感器按能量关系可分为主动型和被动型两类。汽车上使用的大多是被动型传感器，这种传感器需要外加电源才能产生电信号，自身实际是一个能量控制器。外加电源因传感器的种类不同而不同，例如温度传感器，所需外加电源信号一般为5V，氧传感器所需外加电源信号一般为1V。

主动型传感器的工作不需要外界提供电源，由自身吸收其他能量，经变化后再输出电信号，实际上是一个能量变换装置，例如，太阳能电池和热电偶输出的电能分别来源于传感器吸收的光能和热能。采用压电效应、热电效应、磁致伸缩效应、光电效应等原理制成的传感器都属于主动型传感器。目前，被动型传感器发展很快，应用越来越广。

149. 传感器按信号转换分类可分为几种?

根据传感器信号变换方式的不同，传感器可分为两类：

1）由非电量转换为另一种非电量传感器，如弹性敏感传感器和气动元件。

2）由非电量变换为电量的传感器，如进气温度传感器、进气压力传感器等。

150. 传感器按工作原理分类可分为几种?

按传感器的工作原理分类可分为电阻式、电容式、应变式、电感式、光敏式、压电式及热电式传感器。

151. 传感器按输出信号形式分类可分为几种?

按传感器输出信号形式分类，有模拟式和数字式传感器两种。模拟信号不能直接送入ECU，需要经过A/D转换后才能被ECU识别。

152. 传感器按检测控制参数分类可分为几种?

汽车传感器按控制参数分类，有温度传感器、压力传感器、位置与角度传感器、空气流量传感器、气体浓度传感器等。



153. 柴油机电控系统中的传感器有哪些?

各种电控柴油发动机主要采用的传感器有温度传感器、位置传感器、空气流量传感器、压力传感器和速度传感器。

154. 温度传感器有哪些?各有什么作用?

温度传感器主要有:燃油温度传感器、冷却液温度传感器、进气温度传感器、机油温度传感器和排气温度传感器。

1)燃油温度传感器。其作用是向 ECU 提供燃油温度信号,一般设置在第二级燃油滤清器盖内。ECU 将根据燃油的温度变化调节供给单体式喷油器的脉宽调制信号,因为燃油随着温度升高而膨胀,不加补偿将会导致发动机功率降低。

2)冷却液温度传感器。其作用是用于向 ECU 提供发动机冷却液温度信号,作为计算供油的修正值使用。冷机时对供油量进行加浓修正,使柴油机尽快暖机,热机时对供油量进行减少修正,防止柴油机温度过高。如果冷却液温度传感器失灵,ECU 会用存储的默认值进行计算。

该传感器还可以用于触发自动降低发动机率的保护功能,像机油压力和机油温度超限一样,当冷却液温度超限时也会使发动机停机。现在许多重型货车还利用该传感器对冷却风扇进行控制。

3)进气温度传感器。其作用是向 ECU 指示进气管内的空气温度,ECU 将根据进气温度调节喷油脉宽调制信号,以控制排放。柴油机进气温度传感器的功能是对喷油量和喷油正时进行修正,同时对柴油机过热进行保护。当检测到进气温度有异常时,限制柴油机的输出功率,防止柴油机过热。

4)机油温度传感器。其作用是始终向 ECU 指示发动机的机油温度。通常,ECU 及发动机保护功能可以提供像机油压力过低时同样的保护持性。当机油温度超过正常的安全限值时,首先会将仪表板上的黄色报警灯点亮,当机油温度进一步升高到预设的最高温度限值时,将会触发发动机停机功能,之后,发动机将像机油压力超限后一样停止运转。许多电控发动机在起动时,特别是在寒冷气温状态下,该传感器信号将使 ECU 进入快怠速控制,有些发动机的 ECU 在这种情况下是根据冷却液温度传感器的输入信号进行快怠速控制的。当机油温度或冷却液温度达到预设限值或发动机运转规定时间之后,发动机的怠速转速将自动恢复到正常。

5)排气温度传感器。其作用是在催化转化器异常发热时,能够以排气温度警告灯点亮的方式快速地发出报警信号,以便保护催化转化器,防止高温引发故障。

155. 位置传感器有哪些?各有什么作用?

1)加速踏板位置传感器。加速踏板位置传感器广泛用于各种电子油门式电控柴油机上,其功用是获取加速信号,然后传到电控单元,由电控单元操纵电控喷油泵或喷油器调节喷油量。在加速踏板下面安装一个电位计或变阻器,该传感器用于向 ECU 传送驾驶人所希望提供的油量。加速踏板位置传感器从 ECU 接受 5V 基准直流电压,当驾驶人踩下加速踏板时,加速踏板位置传感器向 ECU 反映加速踏板踩下的百分比。在加速踏板位置传感器上设有怠速确认开关,该开关可以保证即使在加速踏板位置传感器电路发生故障时发动机仍然能够保持怠速运转,在加速踏板处于怠速位置时,ECU 向加速踏板位置传感器电位供给 5V 电

压，电位计滑臂所处的位置使输入电压通过整个线圈，通过滑臂向 ECU 返回的电压大约只有 0.5V，微处理器将加速踏板位置传感器的输入信号与储存的油门关闭时的电压值进行比较。在油门全开位置时，通过滑臂向 ECU 返回电压大约只有 4.5V，将该电压与储存的代表油门全开的电压值进行比较。加速踏板位于怠速和全开之间的任何位置时，由电位计滑臂位置决定的输出信号电压值与驾驶人要求供油量成正比例，因此，按照驾驶人要求的供油量，加速踏板位置传感器输出的电压信号在 0.5 ~4.5V 之间变化。

2）调节滑套位置传感器。其作用是提供喷油定时的基准信号。

3）针阀升程传感器。其作用是提供喷油定时的基准信号。

4）冷却液液位传感器。用于监测散热器上水室或膨胀水箱中冷却液液位。通常该传感器信号与 ECU 的发动机保护系统联系，当冷却液液位过低时，会使发动机停止运转。此外，当该传感器测到冷却液液位过低时，发动机将不能起动，并使仪表板上的报警灯点亮。

5）供（喷）油正时传感器。检测柴油机实际供（喷）油正时，向 ECU 提供供（喷）油正时闭环控制所需的反馈信号。供（喷）油正时影响柴油机的动力性、经济性、排放性和噪声，因此在电控柴油喷射系统中必须对供（喷）油正时进行闭环控制。

6）供（喷）油量传感器。检测柴油机的实际供（喷）油量，产生的信号用来实现供（喷）油量的闭环控制。

7）曲轴、凸轮轴位置传感器。曲轴或凸轮轴位置传感器是电控柴油机上最重要的传感器之一。其作用主要有 3 个方面：

① 提供柴油机转速信号，以便使 ECU 结合柴油机负荷信号，精确计算循环喷油量。

② 向 ECU 提供一缸活塞上止点信号，以便使柴油机对喷油正时做出准确判断。

③ 提供气缸判别信号。

为了能起上述测速、正时和判缸 3 个作用，曲轴或凸轮轴转速与位置传感器通常要向 ECU 提供两组检测信号，一组称为 Ne 信号，用于检测曲轴位置和柴油机转速信号；另一组称为 G 信号，用于检测活塞上止点位置的信号，同时也用来作为 Ne 信号计算曲轴转角的基准信号。每隔 360°发出两个不同的 G_1 和 G_2 信号用来进行气缸的判别。

156. 空气流量传感器有几种？有什么作用？

空气流量传感器有：热膜式、热线式、卡尔曼涡旋式和叶片式四种。其作用是发动机控制单元利用空气流量计测得的进气量来计算喷油量和废气再循环率。

157. 压力传感器有几种？

压力传感器有共轨压力传感器、燃油压力传感器、进气歧管压力传感器、机油压力传感器、冷却液压力传感器、大气压力传感器、曲轴箱压力传感器。

1）共轨压力传感器。共轨压力传感器的作用是以足够的精度，在相应较短的时间内，测定共轨中的实时压力，并向 ECU 提供电信号。

2）燃油压力传感器。一般监测第二级燃油滤清器出口处燃油压力，该传感器压力用于诊断目的。

3）进气歧管压力传感器。检测进气管内的绝对压力，ECU 根据此信号确定进气量，以便根据供（喷）油量对进气量进行控制，保证最佳的混合气浓度，测定的压力范围一般为 2 ~400kPa。进气歧管压力传感器提供的信号用于检查增压压力。发动机控制单元将实际测量值与增压压力图



上的设定值进行比较。若实际值偏离设定值，发动机控制单元通过电磁阀调整增压压力，实现增压压力控制。

4）机油压力传感器。向 ECU 通报发动机机油主油道压力，当机油压力低于期限望值时，ECU 将启用降低发动机转速和功率的保护功能，来调节发动机的转速和功率。当感测到危险的机油压力时，ECU 将使仪表板上的红色报警灯闪亮，向驾驶人发出报警信号，有些发动机或汽车还可能伴有蜂鸣声。如果 ECU 设有停机保护功能，当机油压力低于限值 30s 后会使发动机自动停机，有此系统可能还设有手动延时按钮，按下该按钮后，发动机的运转时间将延长 30s，以便驾驶人能够将汽车安全地停靠在路边。

5）冷却液压力传感器。一般用于大排量发动机，严密地监测水泵和气缸体内冷却液的压力。

6）大气压力传感器。向发动机控制单元传输一个瞬时环境空气压力信号，此值取决于海拔。有了该信号，发动机控制单元可以计算出一个控制增压压力和废气再循环的大气压力修正值。

7）曲轴箱压力传感器。通常用于矿山、电站和船舶的大排量发动机上，该传感器直接监测曲轴箱内的压力。在二冲程发动机上，该传感器用于监测发动机气缸体中曲轴箱的空气压力。

158. 速度传感器有几种？

速度传感器有发动机转速传感器、气缸判别传感器和车速传感器。

1）发动机转速传感器。发动机转速传感器产生的信号记录发动机转速和准确的曲轴位置，利用此信息，发动机控制单元计算出喷油始点和喷油量。

2）气缸判别传感器。凸轮轴每转一圈向 ECU 提供一个信号，ECU 据此确定哪个气缸的活塞处于压缩行程上止点（TDC）。

3）车速传感器。该传感器一般安装在汽车变速器输出轴上，向 ECU 提供汽车车速信号。该信号用于进行巡航控制、车速限制和通过发动机压缩制动保持最高预设车速的自动控制，而且在发动机进行高强度压缩制动时，发动机冷却风扇离合器会自动进入接合状态，以实现发动机风扇制动，这可以使发动机增加 15～33.5kW 的减速制动功率，使车速降低。

二、温度传感器

159. 进气温度传感器结构与工作原理是怎样的？

进气温度传感器一般采用负温度系数的热敏电阻作为检测元件，其结构如图 3-1 所示。热敏电阻式温度传感器是根据热敏电阻效应制成的，热敏电阻效应指物质的电阻率随其本身温度的变化而变化。

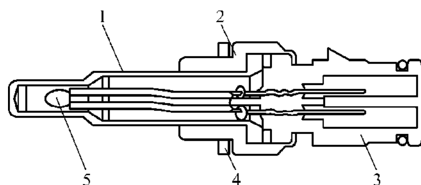


图 3-1　进气温度传感器结构
1—绝缘套　2—塑料外壳　3—防水插座
4—铜垫圈　5—热敏电阻

进气温度传感器一般采用热敏电阻式。热敏电阻安装在进气温度传感器的内部，具有负温度电阻系数特性。

工作原理：热敏电阻是用陶瓷半导体材料与其他的金属氧化物按适当的比例混合后高温烧结而制成的温度系数很大的电阻体，按照温度系数不同分为正温

度系数热敏电阻和负温度系数热敏电阻。正温度系数热敏电阻随温度上升元件阻值增大，负温度系数热敏电阻随温度上升阻值降低。

进气温度传感器与 ECU 连接关系如图 3-2 所示。图中 THA 端子是 ECU 向传感器提供参考电压端子，E2 端子是传感器向 ECU 输送进气温度信号端子。＋B 端子与 E1 端子分别是 ECU 的正极和负极。

160. 冷却液温度传感器的结构与工作原理是怎样的?

冷却液温度传感器一般采用负温度系数热敏电阻，冷却液温度传感器一般设置在柴油机缸体、缸盖水套上。冷却液温度传感器一般要安装两个，一个给 ECU 提供冷却液温度信号，另外一个连接到仪表板上的冷却液温度表。冷却液温度传感器主要由热敏电阻、金属引线、接线插座和壳体组成，其外形及结构如图 3-3 所示。冷却液温度传感器信号电压与冷却液温度之间的关系见表 3-1。

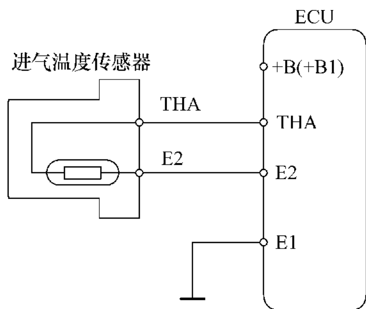


图 3-2　进气温度传感器与 ECU 连接关系

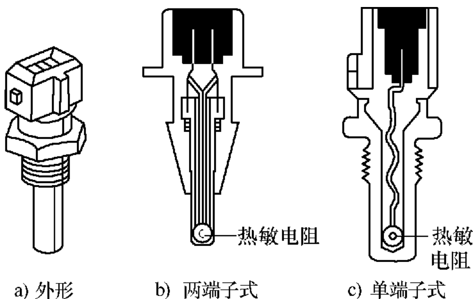


图 3-3　冷却液温度传感器外形及结构

表 3-1　冷却液温度传感器电压与温度关系

冷却液温度/℃	－10	0	20	40	60	80	100	120
信号电压/V	4. 62	4. 45	3. 78	3. 09	2. 25	1. 99	1. 56	0. 70

传感器的壳体上制作有螺纹，便于安装和拆卸。接线插座分为单端子式和两端子式两种，中、高档轿车燃油喷射系统一般采用两端子式冷却液温度传感器，低档轿车燃油喷射系统以及汽车仪表一般采用单端子式冷却液温度传感器。如传感器插座上只有一个接线端子，则壳体为传感器的一个电极。目前，电控系统使用的冷却液温度传感器大多数有两个接线端子，分别与 ECU 插座上的相应端子连接，以便可靠传递信号。

工作原理：当冷却液的温度升高时，传感器阻值减小，热敏电阻上的分压值降低；反之，当冷却液的温度降低时，传感器阻值增大，热敏电阻上的分压值升高。ECU 根据接收到的信号电压值，便可计算得对应的冷却液温度值，从而进行实时控制。

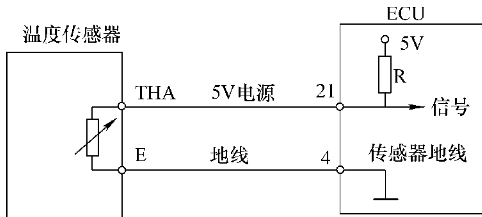


图 3-4　冷却液温度传感器工作电路

冷却液温度传感器的工作电路如图 3-4 所



示，传感器的两个电极用导线与ECU插座连接，ECU内部串联一只分压电阻，ECU向热敏电阻和分压电阻组成的分压电路提供一个稳定的电压（一般为5V），传感器输入ECU的信号等于热敏电阻上的分压值。

161. 燃油温度传感器的结构与工作原理是怎样的？

不同的燃油控制系统，其燃油温度传感器的安装位置是不同的，一般安装在燃油箱内。燃油温度传感器是负温度系数热敏电阻（NTC）作为检测元件，燃油温度升高时，传感器电阻值下降。燃油温度传感器与ECU连接关系如图3-5所示，图中ECU 35号端子是燃油温度信号端子。

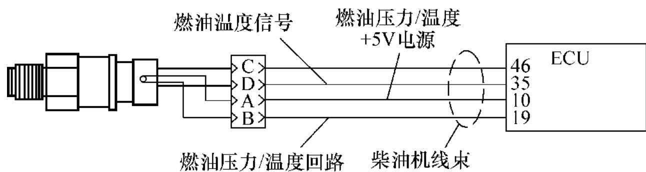


图3-5　燃油温度传感器与ECU连接关系图

燃油温度传感器的输出电压是随温度升高而逐渐降低的，两者呈线性关系，见表3-2。

表3-2　燃油温度传感器在不同温度下的电压值

燃油温度/℃	-20	-10	0	10	20	30	40
电阻值/Ω	15000	9000	6000	3500	2300	1620	1200
输出电压/V	4.72	4.62	4.45	4.14	3.77	3.42	3.09

162. 机油温度传感器的工作原理是怎样的？

机油温度传感器一般直接安装在油底壳上，和机油液位传感器一块放置，采用正温度系数热敏电阻作为检测元件。机油温度传感器与ECU连接关系同进气温度传感器。

163. 排气温度传感器的工作原理是怎样的？

排气温度传感器安装在排气管上，也有安装在三元催化转化器内，排气温度传感器类型多样，有热敏电阻式、热电偶式、熔丝式。

164. 热电偶式温度传感器工作原理是怎样的？

热电偶式温度传感器是利用热电效应制成的温度传感器，如图3-6所示。热电偶又称温差电阻，由端点彼此紧密接触的两种不同材料的金属丝组成。当两种不同材料金属丝的两个接点处于不同温度时，在回路中就有直流电动势产生，该电动势称为温差电动势或热电动势。当组成热电偶的材料一定时，温差电动势与两接点处的温度有关。

构成热电偶的金属材料可以耐受的温度不同，传感器适用的温度范围也不同，如采用钨铼热电偶能够在2000℃以上的高温工作。此外，热电偶温度传感器的灵敏度与材料的粗细无关，所以一般采用非常细的金属材料制作热电偶作为测温元件，具有很高的响应速度。热电偶式温度传感器主要缺点是灵敏度比较低，抗干扰能力差，不适合测量微小的温度变化。

165. 熔丝式温度传感器工作原理是怎样的？

熔丝式温度传感器如图3-7所示，它利用金属材料受热熔化的特性，当温度达到一定值

时，传感器内的熔丝熔断，使电路断路或短路。熔丝式温度传感器通常用来控制高温报警装置，一旦熔丝熔断，传感器不能继续使用。

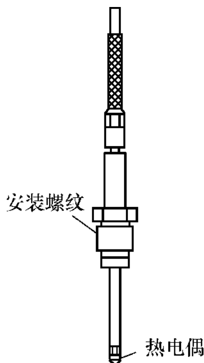


图 3-6　热电偶式温度传感器

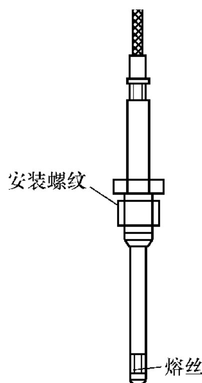


图 3-7　熔丝式温度传感器

三、位置及角度传感器

166. 加速踏板位置传感器常用的类型有几种？

加速踏板位置传感器又称柴油机负荷传感器，常用的有电位器式加速踏板位置传感器、电涡流式加速踏板位置传感器和霍尔式加速踏板位置传感器 3 种类型。加速踏板位置传感器安装在加速踏板上。

167. 电位器式加速踏板位置传感器的工作原理是怎样的？

电位器式加速踏板位置传感器的电路如图 3-8 所示。电位器的滑动臂由加速踏板轴或拉索驱动，电位器可以连续测量加速踏板位置及怠速触点。点火开关接通后，ECU 通过 V_C 端子送给传感器 5V 参考电压，电位器电阻恒定，因此流过电位器的电流保持不变。当驾驶人踩下加速踏板时，电位器滑动臂滑动，使 V_a 和搭铁端子 E_1 之间的电阻变大，从而使输出电动势变大且加速踏板位置成正比。ECU 根据这一电压信号确定加速踏板位置变化。怠速触点为一个动合触点，只有当加速踏板在放松状态时，怠速触点闭合，怠速触点开关向 ECU 输送加速踏板处于完全松开位置的信号。

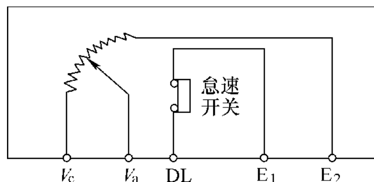


图 3-8　电位器式加速踏板位置传感器的电路
V_C—电源电压　V_a—信号端子　DL—怠速触点
E_1—怠速触点搭铁　E_2—ECU 内部搭铁

168. 电涡流式加速踏板位置传感器工作原理是怎样的？

加速踏板位置传感器是利用了磁通量变化在导体内产生涡电流的原理，由检测线圈、E 字形铁心和两个短路环组成，一个短路环安装在油门调节齿杆的尾部，沿 E 字形铁心以非接触式方式移动。当检测线圈通过交流电时，短路环便产生涡电流，并产生与激励方向相反的磁通量。检测线圈内交流电的变化幅度随短路环的位置而变化，由此信号判断油门调节齿杆的位置。通过选择合适的铁心形状，可以获得良好的线性响应特性。铁心上的固定短路环



用来补偿温度影响，以提高传感器检测精度。

169. 霍尔式加速踏板位置传感器工作原理是怎样的?

霍尔式加速踏板位置传感器利用霍尔效应原理来检测加速踏板位置，该传感器主要由永久磁铁、霍尔元件以及线束连接器组成。永久磁铁安装在与加速踏板联动的轴上，霍尔元件则是固定的，如图3-9所示。当加速踏板位置发生变化时，与加速踏板同轴的永久磁铁转动，从而使永久磁铁与霍尔元件之间的相对位置发生改变，使永久磁铁作用在霍尔元件上的磁场强度发生变化，导致霍尔元件输出的电压发生变化，ECU接收霍尔元件输出的电压信号以确定加速踏板位置及位置变化。

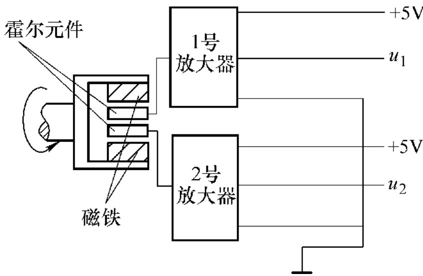


图3-9 霍尔式加速踏板位置传感器

170. 供（喷）油正时传感器有几种?

在柴油机电控系统中，根据检测供油正时的方法选择不同传感器。

1）在直列柱塞泵电控系统中，通过检测泵凸轮轴的基准位置和转角来确定实际供油正时，工作原理同凸轮轴位置传感器。

2）在分配泵“位置控制”方式的电控燃油喷射系统中，通过检测正时调节器活塞的位置来确定供油正时，这种正时活塞位置传感器中最简单的就是用一个能提供液压活塞实际位移信号的线性电位器作为反馈信号传感器。

3）在分配泵“时间控制”式和共轨式电控系统中，通过检测喷油器针阀开启始点、高速电磁阀关闭始点、燃烧室点火始点来确定实际供（喷）油正时。

171. 喷油器针阀开启始点传感器工作原理是怎样的?

喷油器针阀开启始点即为喷油始点，该传感器直接安装在喷油器内，传感器输出信号的始点可用来确定实际的喷油正时，也可用于检测针阀行程用于确定喷油量的大小，因此该传感器也可作为检测喷油器实际供油量的传感器。根据检测原理不同，分为霍尔式、电磁感应式和触点式三种。

172. 高速电磁阀关闭始点传感器工作原理是怎样的?

高速电磁阀应用在分配泵“时间控制”系统和共轨系统中，利用其关闭回油通道的方法控制分配泵供油始点或喷油器喷油始点，因此可通过检测高速电磁阀开关状态确定供（喷）油始点。其结构原理与触点式针阀升程传感器相似，高速电磁阀关闭，ECU接收到0电压信号；反之，ECU接收到的电压信号不为0。

173. 点火始点传感器工作原理是怎样的?

理想的供油正时应该是从实际点火开始计算，这样就必须检测点火的开始时间。在有些“位置控制”的电控分配泵系统中采用了以检测燃烧闪光开始点的点火始点光电传感器。该传感器通过石英晶体把燃烧闪光传至光敏晶体管，通过脉冲电信号输出。输出波形上升曲线段很陡峭，因而可准确检测出实际点火开始时间，由此确定供油始点。

174. 供（喷）油量传感器的工作原理是怎样的?

供（喷）油量传感器主要包括直列柱塞泵供油拉杆（或齿条）位置传感器、分配泵油量控制滑套位置传感器、喷油器针阀升程传感器。供油齿条和滑套位置传感器通常采用差动电感式。

差动电感式传感器主要用于位移检测，它利用电磁感应原理，将被测对象的位移变化量转换成线圈自感电动势或互感电动势的变化，进而由测量电路转换为电压信号。柴油机电控系统中，常用的差动电感式传感器分为差动自感式和差动变压器式。

1）差动自感式传感器

差动自感式传感器根据结构可分为变间隙型、变面积型和螺线管型 3 种类型，其主要组成部分相同，主要包括线圈、铁心、衔接和连接杆。在自感传感器的基础上，增加一个与原线圈完全相同的线圈，且两个线圈反向串接，以差动方式输出，即构成差动自感传感器。与只有一个线圈的自感传感器相比，差动自感传感器灵敏度高，测量误差小。

2）差动变压器式传感器

差动变压器式传感器的工作原理类似变压器，二次绕组反向串接，以差动方式输出，所以称为差动变压器式传感器。主要由衔铁、一次绕组、二次绕组和线圈框架等组成，其结构同样有变间隙型、变面积型和螺线管型 3 种。

3）喷油器针阀升程传感器

在采用压电共轨系统的燃油供给系统中，ECU 通过控制喷油孔流通截面即针阀升程来控制喷油量，利用针阀升程传感器实现喷油量的闭环控制。霍尔式针阀升程传感器主要由针阀弹簧座、永久磁铁和霍尔元件组成，工作原理如图 3-10 所示。霍尔元件通电后，当与针阀弹簧座制成一体的永久磁铁移动时，使通过霍尔元件的磁场强度发生变化，霍尔元件输出一个与针阀升程呈正比的霍尔电压，ECU 根据此电压信号即可确定针阀升程，信号始点作为喷油正时信号。

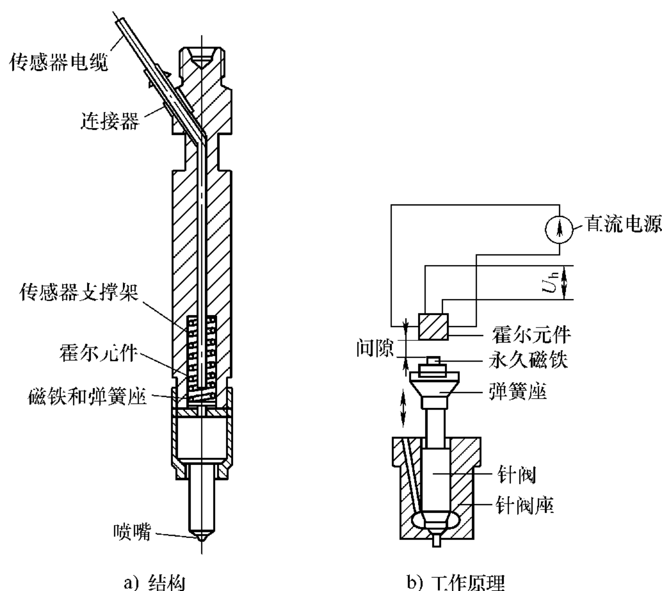


图 3-10　霍尔式喷油器针阀升程传感器



175. 曲轴/凸轮轴位置传感器有几种?

曲轴、凸轮轴位置传感器一般安装在曲轴前端或飞轮上，也可安装在配气凸轮轴或喷油泵凸轮轴的前端。根据检测原理，曲轴位置传感器主要有电磁脉冲式、光电式和霍尔式三种。

176. 电磁脉冲式曲轴位置传感器的工作原理是怎样的?

电磁脉冲式曲轴位置传感器由一个永久磁铁的铁心和铁心外部的线圈构成，结构如图3-11所示。传感器的转子与永久磁铁和支架之间存在间隙，磁力线由磁铁N极发出，经过磁铁与转子之间的间隙、转子凸齿与定子磁头间的空气间隙、磁头、永久磁铁S极，形成闭合回路。曲轴转动带动信号转子转动，当转子转动时，会引起转子与永久磁铁之间的空气间隙发生变化，导致信号线圈内磁通量发生变化。根据法拉第电磁感应定律，磁通量的变化会在线圈的两端产生感应电动势。转子的旋转导致空气间隙交替变大变小，线圈内磁通量的变化也是交替进行的，因为感应电压的方向总是企图阻止磁通量的变化，因此转子凸齿在接近和离开磁铁时，会产生相反的交流电压信号。电磁脉冲信号产生过程如图3-12所示。

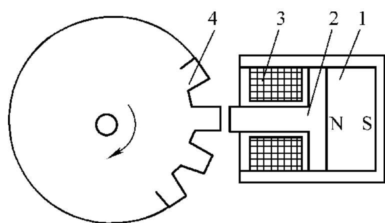


图3-11　电磁脉冲式曲轴位置传感器

1—永久磁铁　2—铁心　3—感应线圈　4—齿轮

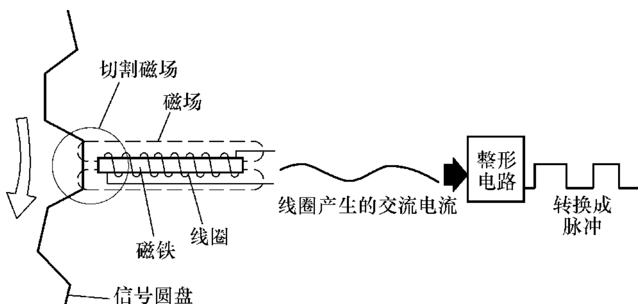


图3-12　电磁脉冲信号产生过程

177. 光电式曲轴位置传感器的工作原理是怎样的?

光电式曲轴位置传感器由信号盘、发光二极管、光敏装置组成，信号盘结构如图3-13所示。光电式曲轴位置传感器信号盘外围有360条缝隙，产生1°曲轴转角信号，外围稍靠内侧分布着6个光孔（间隙60°），产生120°信号，其中有一个较宽的光孔是产生对应第1缸上止点的120°信号。

光电式曲轴位置传感器利用光电效应原理将光量的变化转化为电量的变化，工作原理如图3-14所示。当曲轴转动时，带动信号盘一块转动，因为信号盘上弧形槽（缝隙）的缘故，发光二极管发出的光线时而能照射到光敏二极管上，时而不能照射到光敏二极管上。由于光敏二极管上的光量不断发生变化，从而使二极管导通与截止，产生脉冲电压信号，再经过传感器的信号检测电路将杂波滤除，这时的脉冲信号就可以作为传感器的输出信号。当信号发生器的发光二极管发出的光线经过信号盘的小孔照射到光敏二极管时，光敏二极管感光导通，产生一个高压；当光线被信号盘挡住时，光敏二极管截止，感应电动势为零。传感器的信号盘边缘均匀分布着360个缝隙，信号盘每转一周将产生360个脉冲。每个脉冲由一个高电压信号和零电压信号组成。由于分电器每转一周，曲轴转两周，所以一个脉冲信号代表

2°曲轴转角，一个脉冲信号的高电压和零电压分别代表1°曲轴转角。光敏二极管产生的脉冲电压信号经电子电路放大后，便向ECU输入曲轴转角的1°信号和120°信号。由于安装位置的缘故，120°信号并不是活塞到达了上止点，而是在活塞上止前70°曲轴位置。

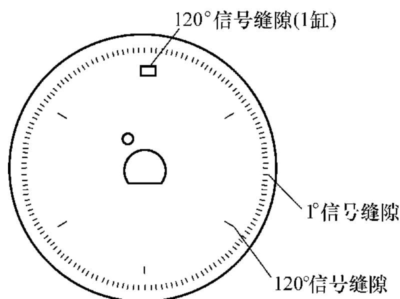


图3-13　光电式曲轴位置传感器信号盘结构

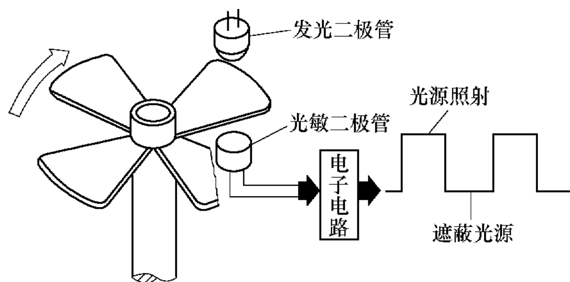


图3-14　光电式曲轴位置传感器信号盘工作原理

178. 霍尔式曲轴位置传感器的工作原理是怎样的？

置于磁场中的静止载流导体，当它的电流方向与磁场方向不一致时，载流导体上平行与电流和磁场方向的两平面之间产生霍尔电动势。霍尔式曲轴位置传感器是利用霍尔效应制成的。根据触发结构的不同，霍尔式曲轴位置传感器可分为触发叶片式和触发轮齿式两种。

1）触发叶片式霍尔曲轴位置传感器。触发叶片式霍尔曲轴位置传感器的主要元件包括带导板的永久磁铁、触发叶轮、霍尔元件及集成电路，磁铁和霍尔元件置于触发叶轮的两侧，触发叶轮安装在转子轴上，能够随转子一起转动，触发叶轮上有叶片，当曲轴带动转子转动时，触发叶轮也随之转动，触发叶轮上的叶片便在霍尔元件和永久磁铁之间转动。集成电路主要由放大电路、稳压电路、温度补偿电阻、信号变换电路和输出电路组成。

当曲轴带动触发叶轮转动时，触发叶轮上的叶片会依次通过永久磁铁与霍尔元件之间的间隙，霍尔元件用导线连接在电路中，其上通有电流。当触发叶轮的叶片停在永久磁铁和霍尔元件之间时，霍尔集成电路的磁通被阻挡，此时霍尔电动势为零，集成电路的输出端晶体管截止，传感器输出一个高电平信号；当叶片不在磁铁和集成电路之间时，磁力线磁通构成回路，产生霍尔电动势，此时输出端晶体管导通，传感器输出一个低电平信号。

2）触发轮齿式霍尔曲轴位置传感器。触发轮齿式霍尔曲轴位置传感器安装有两个霍尔元件，因此又称双霍尔式曲轴位置传感器。其结构与电磁脉冲式曲轴位置传感器相似，由带凸齿的信号转子和霍尔信号发生器组成。

触发轮齿式霍尔曲轴位置传感器工作原理与触发叶片式霍尔曲轴位置传感器原理相同。该传感器的信号转子装在柴油机曲轴上。当曲轴旋转时，传感器的信号转子随之一起旋转。信号转子上有凸齿，在信号转子转动过程中，信号转子上的凸齿和齿缺依次交替经过传感器探头的位置，使探头和信号转子之间的空气间隙发生变化，从而导致磁路中的磁场强度发生变化。根据霍尔效应原理，传感器的霍尔元件中产生交变电压，其输出电压值为两个霍尔电压的和。由于输入信号强度增强，所以信号转子凸齿与信号发生器之间的间隙可以增大到1.5mm，而普通霍尔式传感器间隙仅为0.2～0.4mm，这样可以将信号转子设计成电磁脉冲式的齿盘式信号盘结构，便于安装。



四、空气流量传感器

179. 空气流量传感器有几种?

空气流量传感器一般安装在进气总管上，根据检测原理可分为体积流量型空气流量传感器和质量型空气流量传感器。体积流量型又分为叶片式空气流量传感器和卡尔曼涡流式空气流量传感器，质量型空气流量传感器又分为热线式空气流量传感器和热膜式空气流量传感器。

180. 热线式空气流量传感器的结构是怎样的?

热线式空气流量传感器主要由防护网、采样管、热线电阻、温度补偿电阻和控制电路板等组成。热线电阻和温度补偿电阻安装在主进气道中，控制电路板安装在流量传感器下方。进气管连接侧的防护网用于防止回火和脏物进入空气流量传感器，如图 3-15 所示。采样管置于空气流量传感器主空气道中央，两端有金属防护网，防护网通过卡箍固定在壳体上，采样管由两个塑料护套和一个热线支撑环构成。热线支撑环上有一根直径很小的铂丝，其阻值随温度变化而变化。

181. 热线式空气流量传感器的工作原理是怎样的?

热线式空气流量传感器的工作原理如图 3-16 所示。在进气道上放置一热线 R_H，当空气流经热线时，热线的热量被空气带走，使其冷却。热线周围流过的空气质量越大，被带走的热量越多。热线式空气流量传感器就是利用热线与空气之间的热传递现象，进行空气质量流量测定的。铂金丝由控制电路提供的电流加热到 120℃左右，为解决进气温度变化使热线温度发生变化而影响进气量的测量精度，所以在热线附近安置一根温度补偿电阻。该电阻被安置在进气口一侧，所以又称之为冷线，它的电阻也随温度变化而变化。当传感器工作时，控制电路向冷线提供的电流使冷线温度始终低于热线温度 100℃。这样冷线温度起到参考标准作用，使进气温度的变化不会影响热线测量进气量的精度。

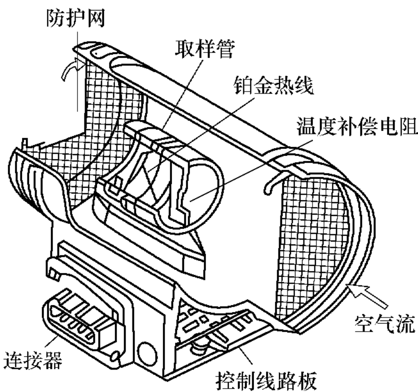


图 3-15　热线式空气流量传感器的结构

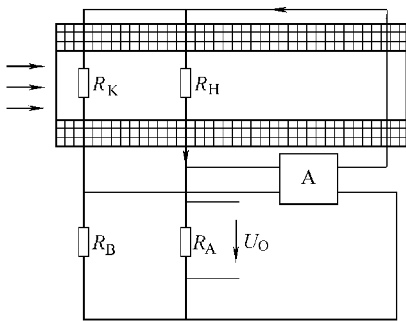


图 3-16　热线式空气流量传感器的工作原理

A—混合集成电路　R_H—热线电阻　R_K—温度补偿电阻

R_A—精密电阻　R_B—电桥电阻

当空气质量增大时，由于空气带走的热量增多，为保持热线温度，集成电路应使热线 R_H 通过的电流增大，反之，则应减小。这样，使通过热线 R_H 的电流随空气质量流量的增大

而增大；反之，随空气质量的减小而减小。热线电流 I_H 在 50 ~ 120mA 之间变化，大小取决于空气质量流量。热线加热电流给出输出信号，大小为通过惠斯顿电桥电路中精密电阻 R_A 上的电压降。在惠斯顿电桥的另一端有温度补偿电阻 R_K 和电桥电阻 R_B，为了减少电能消耗，它的电阻值较高，通过的电流仅有几毫安。补偿电阻 R_K 用于测量进气温度。

热线式空气流量传感器还有自洁功能，当发动机停火时，电路会把热线自动加热至1000℃，以清洁传感器。

182. 热膜式空气流量传感器的结构与工作原理是怎样的?

热膜式空气流量传感器是热线式空气流量传感器的改进型，其结构基本相同，只是它的发热体是热膜而不是热线，如图 3-17 所示。热膜是由发热金属铂固定在树脂膜上制成的。热膜式空气流量传感器的发热体不直接承受空气流动所产生的作用力，从而增加了发热体的强度，提高了传感器的使用可靠性。同时与热线式相比，热膜式传感器的热膜电阻阻值较大，消耗的电流小，使用寿命也较长。但是由于其发热元件表面的一层保护膜存在辐射热传导作用，因此相应性较差。

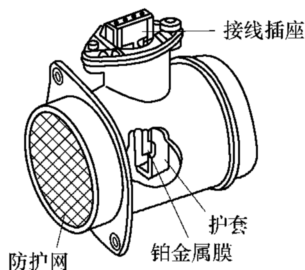


图 3-17　热膜式空气流量传感器的结构

热膜式空气流量传感器与热线式空气流量传感器的工作原理大致一样。

当空气气流流经发热元件并使其受到冷却时，发热元件温度降低，阻值减小，电桥电压失去平衡控制电路将增大供给发热元件的电流，使其温度保持高于温度补偿电阻温度 120℃。电流增量的大小，取决于发热元件受到冷却的程度，即取决于流过传感器的空气量。当电桥电流增大时，取样电阻 R_S 上的电压就会升高，从而将空气流量的变化转化为电压信号 U_S 的变化。信号电压输入 ECU 后，ECU 可根据信号电压的高低计算出空气质量流量的大小。

183. 卡尔曼涡流式空气流量传感器的结构与工作原理是怎样的?

卡尔曼涡流式空气流量传感器是利用气流通过障碍物时在障碍物下游产生一种自然振荡分离型漩涡的原理来测量气体的流速，通过气流流速计算进气流量。卡尔曼涡流式空气流量传感器结构如图 3-18 所示。

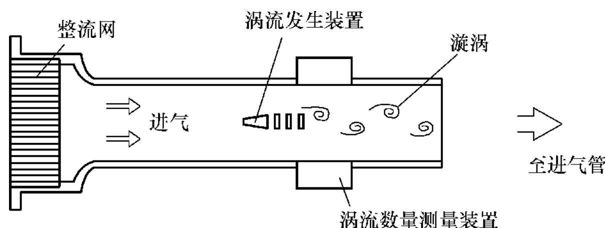


图 3-18　卡尔曼涡流式空气流量传感器的结构

卡尔曼涡流式空气流量传感器的特点是：进气量越大，输出的脉冲频率越高；输出的脉冲信号 ECU 可直接接收。



根据检测卡尔曼涡流频率 f 的方式不同，卡尔曼涡流式空气流量传感器可分为超声波式和光电式两种。

184. 光电式卡尔曼涡流空气流量传感器的结构是怎样的?

光电涡流式空气流量传感器主要由涡流发生器、发光二极管 LED、光敏晶体管、反光镜、张紧带、集成厚膜控制电路和进气温度传感器组成，如图 3-19 所示。

在传感器气流入口处设有蜂窝状整流网栅，其作用是使吸入的空气在涡流发生器上游形成比较稳定的气流，从而保证涡流发生器产生与流速成正比的涡流。涡流发生器用合成树脂与厚膜集成控制电路封装在一体，内部结构如图 3-20 所示。

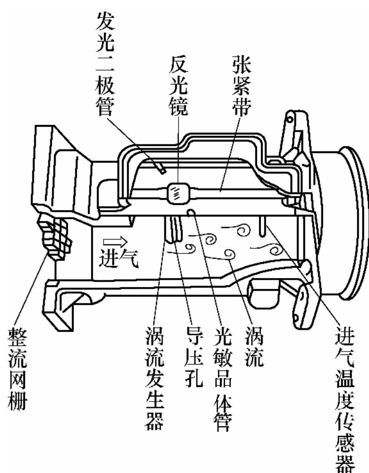


图 3-19　光电式卡尔曼涡流空气流量传感器结构

185. 光电式卡尔曼涡流空气流量传感器工作原理是怎样的?

光电式卡尔曼涡流空气流量传感器工作原理是：

当进气气流流过涡流发生器时，发生器两侧就会交替产生涡流，两侧的压力就会交替发生变化。进气量越大，涡流数量越多，压力变化频率就越高。导压孔将变化的压力引导到导压腔中，反光镜和张紧带就会随着压力变化而产生振动，振动频率与单位时间内产生的涡流数量（即涡流频率 f）成正比。反光镜将 LED 的光束反射到光敏晶体管上，因为光敏晶体管受到光束照射时导通，不受光束照射时截止，所以光敏晶体管导通与截止的频率与涡流频率成正比。信号处理电路将频率信号转换成方波信号输入 ECU 后，ECU 根据进气频率信号计算出进气流量的大小。

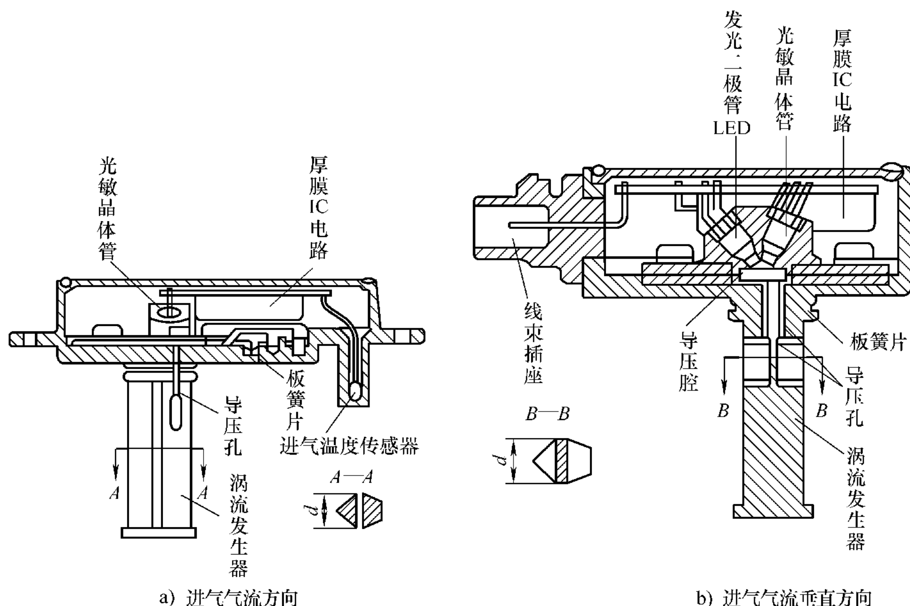


图 3-20　光电式涡流空气流量传感器内部结构

186. 超声波式卡尔曼涡流式空气流量传感器的结构是怎样的？

超声波式卡尔曼涡流式空气流量传感器主要由涡流发生器、信号发生器和信号接收器组成，如图 3-21 所示。

超声波式卡尔曼空气流量传感器设有两个空气道，涡流发生器设在空气道上。设置旁通空气道的目的是为了调节主空气道的流量。因此，对于排气量不同的发动机，通过改变旁通空气道截面积大小，就可使用同一规格的流量传感器来满足流量检测的要求。

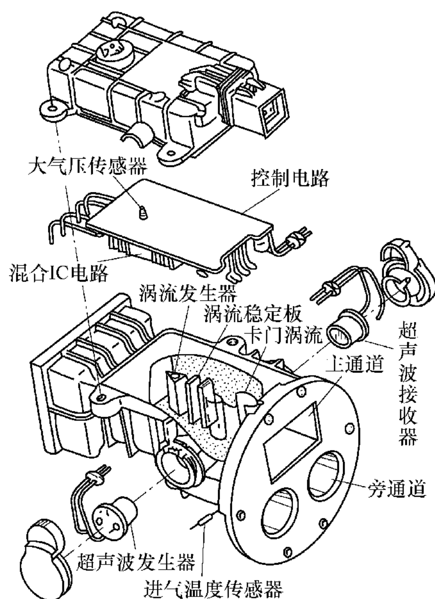


图 3-21　超声波式卡尔曼涡流式空气流量传感器结构

187. 超声波式卡尔曼涡流式空气流量传感器的工作原理是怎样的？

超声波式卡尔曼涡流空气流量传感器测量空气流量的原理电路如图 3-22 所示。

超声波是频率超过 20kHz 的机械波，当发动机运转时，超声波发生器发出的超声波通过发射器不断向接收器发出一定频率（40kHz）的超声波。当超声波通过进气气流到达接收器时，由于受到气流移动速度及压力变化的影响，因此，从接收到的超声波信号的相位（时间间隔）以及相位差（时间间隔之差）就会发生变化，控制电路根据相位或相位差的变化就可计量出涡流的频率。涡流频率信号输入 ECU 后，ECU 就可计算出进气量。

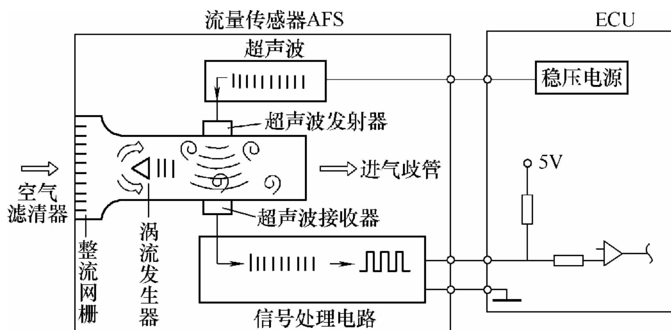


图 3-22　超声波式卡尔曼涡流空气流量传感器电路原理

当柴油机运转并吸入一定的气体时，超声波发生器不断向接收器发出一定频率（40kHz）的超声波。当超声波通过进气气流到达接收器时，由于受到流动速度及涡流数量变化的影响，接收到的超声波信号的相位差会发生变化：进气量越多，涡流越多，移动速度越快，接收到的超声波的相位及相位差越大；反之则越小。控制电路根据超声波信号的相位或相位差的变化就可计算出涡流的频率并将其输入给 ECU，ECU 根据输入的进气涡流频率信号计算出进气量。



五、浓度传感器

188. 浓度传感器有几种?

浓度传感器主要有氧传感器和排烟传感器两种。

189. 氧传感器是怎样分类的?

电控柴油喷射系统中一般设置两个氧传感器，一个放置在三元催化转化器之前，用来检测排气中氧的浓度，对喷油器喷油量进行修正。另一个放置在三元催化转化器之后，测量三元催化转化器的还原效果是否达标。

氧传感器安装在排气管上，目前汽车上采用的氧传感器有二氧化锆式和二氧化钛式两种。二氧化锆式氧传感器又分为加热型氧传感器和非加热型氧传感器两种，二氧化钛式传感器本身带有一个电加热器，都为加热型氧传感器。

190. 二氧化锆型氧传感器的结构与工作原理是怎样的?

二氧化锆型氧传感器是目前使用最广泛的氧传感器，其内部构造如图 3-23 所示。二氧化锆元件为一试管状多孔陶瓷体，俗称锆管，管的内外表面覆盖着一层多孔铂膜作为电极。传感器安装于排气管中，二氧化锆的外侧与废气接触，内侧导入大气。为了防止废气对铂膜的冲刷和腐蚀，在铂膜上又覆盖了一层多孔性陶瓷层，并加装了防护外罩。

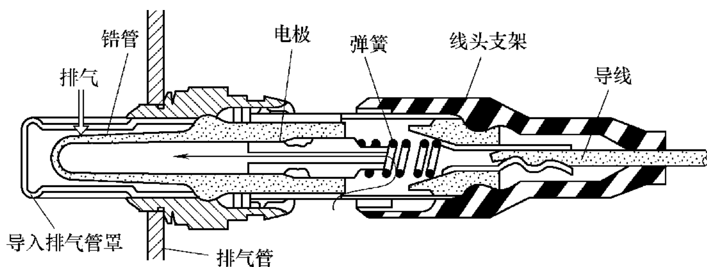


图 3-23　二氧化锆型氧传感器的结构

二氧化锆型氧传感器工作原理：二氧化锆为一种固体电解质，在高温下，二氧化锆的氧电离成氧离子，它的性能与电解液相似，具有氧离子传导性。当氧化锆管的内外侧表面分别接触到不同密度的氧时（即存在氧浓度差），电解质内的氧离子便从内向外扩散，离子运动产生电动势，使氧化锆管称为微电池，管内外的铂电极产生电压。也就是说，排气氧浓度与大气氧浓度的差值产生电动势，把该电动势在输入回路的比较器中与基准电压比对，以 0.45V 以上为 1（表示为浓信号），以 0.45V 以下为零（表示为稀信号）输入 ECU，ECU 根据此电压信号修正喷油器供油量，再通过氧传感器的反馈信号进行监测。

二氧化锆型传感器的最佳工作温度为 300～400℃，因而在传感器内设有电加热丝，用于暖机或轻负荷下的内部加热，使氧传感器能迅速达到正常工作温度。电加热丝的加热由 ECU 进行控制。

191. 二氧化钛型氧传感器的结构与工作原理是怎样的?

二氧化钛型氧传感器采用二氯化钛（TiO_2）半导体元件制成。TiO_2 半导体元件为一圆

板状电极，与之串联的是 TiO_2 热敏电阻。从两元件的首尾与两元件的中点共引出 3 根导线至外接端子，分别是基准电源、传感器输出端与搭铁端，如图 3-24 所示。同时，在绝缘体的表面缠绕着钨丝加热圈，从中又引出 2 根导线。

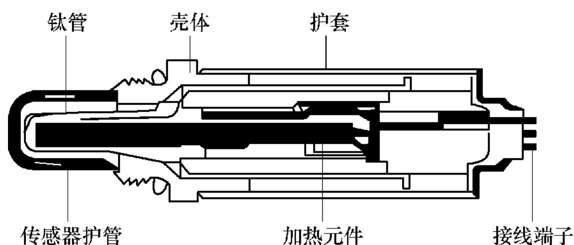


图 3-24　二氧化钛型氧传感器的结构

当传感器周围气体介质中的氧元素多时（表示混合气稀），二氧化钛阻值增大，反之电阻值降低。电阻值变化导致输出电压值变化，ECU 根据电压信号修正喷油器供油量，再通过氧传感器的反馈信号进行监测。

由于二氧化钛的电阻随温度变化，故串联热敏电阻后具有温度补偿作用。在低温状态下，二氧化钛电阻值增大，影响其正常的性能。为使之快速升温以激活其性能，传感器中装有电加热丝，加热功能由 ECU 控制。

192. 排烟传感器的作用与结构是什么？

排烟传感器的作用是：检测柴油机排气中形成的炭烟，并提供一种能表示炭烟存在的输出信号，通过 ECU 来自动调节空气和燃油的供给，以达到完全燃烧和避免形成过多的炭烟的功能。

连续测量柴油机排烟的传感器感应头是由绝缘材料和两个金属电极所组成，暴露在烟气中的电极周围涂有强催化剂材料，使得沉积在电极上的炭烟能迅速氧化掉，保持电极始终干净，满足连续测量的要求。图 3-25 是该传感器的结构图，传感器的整体类似于汽油机的火花塞，感应头装在金属体中，通过中间体同接线盒相连，金属体的下端有螺纹可以方便地安装在排气管上。传感器感应头的本体一般采用三氧化二铝做成陶瓷体，暴露在烟气中的电极由贵金属铂或铂合金材料等做成。

193. 排烟传感器的工作原理是怎样的？

排烟传感器的工作原理如图 3-26 所示。传感器的感应头由绝缘体、电极和催化剂所组成。绝缘体中埋有两个电极，电极下端伸出绝缘体，两电极之间保持很小的缝隙，并涂有基本上是绝缘的强催化剂，电极上端接下直流电源 B 中，一般可采用 12V 或 24V 直流电源，A 为电流表（表盘上标有对应的烟度值），在电子控制系统中，A_1、A_2 与 ECU 相连。

当感应接头接入电路中时，由于电极之间的电阻很大，电流表 A 无电流指示或只指示极微小的电流，当感应头插入烟气中时，缝隙 4 中充满了炭烟，形成碳电桥，电极之间的电阻就发生变化，炭烟少电阻大，炭烟多电阻小，电流表 A 的读数就随着炭烟的多少相应变化。同理，在电子控制系统中，供给 ECU 的信号也随炭烟的多少出现相应地变化。

随柴油机负荷变化，柴油机排气温度、烟度和传感器的电流值对照见表 3-3。



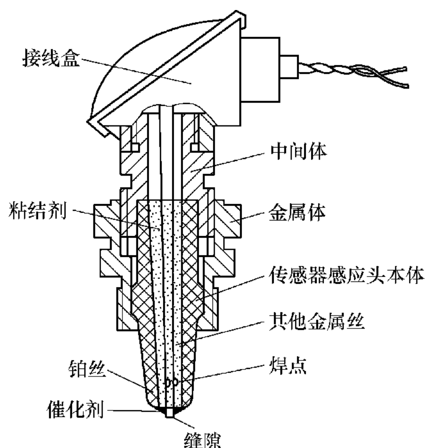


图 3-25　排烟传感器的结构

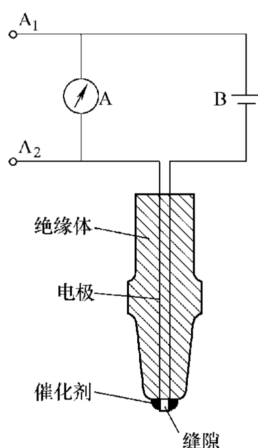


图 3-26　排烟传感器的工作原理

表 3-3　柴油机排气温度、烟度和传感器电流值对照关系

功率/kW	排气温度/℃	烟度 BSU	传感器电流/μA	功率/kW	排气温度/℃	烟度 BSU	传感器电流/μA
0	0	0	1.0	9.71	325	1.8	15
5.00	190	0.3	2.5	10.29	350	2.0	19
5.74	200	0.5	3	11.47	390	2.7	33
7.79	240	0.8	5.5	11.84	405	3.0	42
8.75	260	1.1	7	12.13	420	3.4	50
9.04	290	1.3	10	12.35	430	4.3	65
9.41	300	1.5	12	12.57	440	5.0	80

六、压力传感器

194. 压力传感器有几种?

柴油机电控系统使用的压力传感器很多，主要有：共轨压力传感器、进气压力传感器、机油压力传感器、大气压力传感器、涡轮增压传感器、曲轴箱压力传感器、燃油压力传感器和冷却液压力传感器。

195. 进气压力传感器有几种?

进气歧管压力传感器常与进气歧管温度传感器集成一体，安装在进气总管上。进气压力传感器种类较多，按其产生信号原理可分为半导体压敏电阻式、电容式、压电式和膜盒传动可变电感式。其中，半导体压敏电阻式和电容式压力传感器应用较多，膜盒传动可变电感式由于抗振动性和紧凑性差，现已很少使用。

196. 半导体压敏电阻式进气歧管压力传感器的结构与工作原理是怎样的?

如图 3-27 所示，半导体压敏电阻式进气歧管压力传感器主要由硅膜片、真空室、硅杯、底座、真空管接头和引线电极组成。

硅膜片是压力转换元件，用单晶硅制成。硅膜片的长和宽约为 3mm、厚度约为 160μm，

在硅膜片的中央部位采用腐蚀方法制作有一个直径为2mm、厚度约为50μm的薄膜片。在薄膜片表面的圆周上，采用集成电路加工技术和台面扩散技术（扩散硼）制作有四只阻值相等的力敏电阻，简称固态电阻（图3-27b），并利用低阻扩散层（P型扩散层）将四只电阻连接成惠斯顿电桥电路（图3-27c），然后再与传感器内部的温度补偿电阻和信号放大电路等集成电路连接。

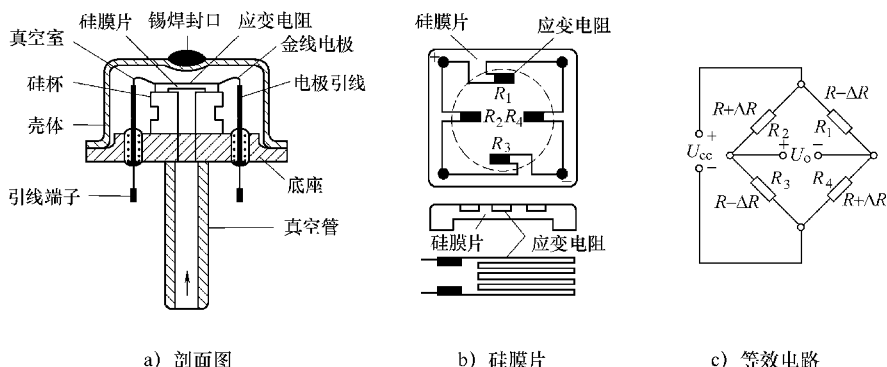


图3-27　半导体压敏电阻式进气歧管压力传感器的构造

在真空管的进气口，一般设有滤清器，用于过滤进气中的尘埃和杂质，以免膜片受到腐蚀和脏污而导致传感器失效。

半导体压敏电阻式进气歧管压力传感器的工作原理如图3-28所示，硅膜片一面通真空室，另一面导入进气歧管压力。当发动机工作时，进气歧管内的部分空气经传感器进气口和滤清器作用在硅膜片上，硅膜片就会产生应力，力敏电阻的阻值就会发生变化，电桥输出电压随之变化。当电桥的输入端输入一定的电压或电流时，在电桥的输出端就可得到变化的信号电压或信号电流。

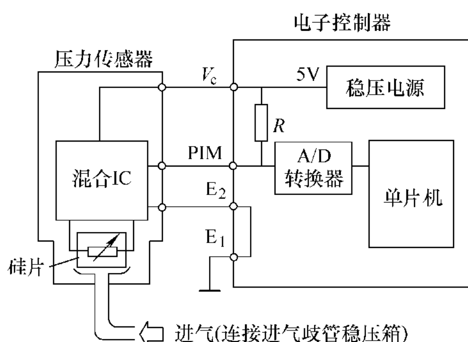


图3-28　半导体压敏电阻式进气歧管压力传感器的工作原理

因为进气压力随进气流量的变化而变化，当节气门开度增大（即进气流量增大）时，空气流通截面增大，气流速度降低，进气压力升高，膜片的应力增大，力敏电阻的变化率增大，电桥输出的电压升高，经集成电路进行比例放大后，传感器输入电控单元（ECU）的信号电压升高。反之，当节气门开度由大变小（即进气流量减小）时，进气流通截面减小，气流速度升高，进气压力降低，膜片的应力减小，力敏电阻的变化率减小，电桥输出电压降低，经过比例放大后，传感器输入ECU的信号电压降低。

由于压阻效应式歧管压力传感器的功能部件是硅膜片和应变电阻，其工作参数取决于作用在膜片上的压力大小，因此传感器的取样压力应从压力波动较小的部位选取。

197. 压电式压力传感器的结构与工作原理是怎样的？

压电式压力传感器主要组成元件有压电元件和电极引线等，如图3-29所示。当压电元



件受压变形时，会在压电元件的两端产生电压，此电压与压电元件承受的压力成正比，ECU 根据这一电压信号确定被检测压力。压电式压力传感器利用石英晶体的压电效应制成，但石英晶体的压电效应在一定温度范围内有效，超过这个范围压电效应消失，所以石英已被其他压电晶体取代。现在人造晶体磷酸二氢铵由于具有良好的高温承受力，已得到广泛应用。

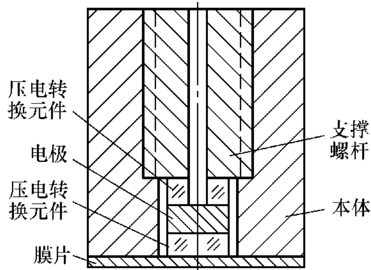


图 3-29　压电式压力传感器结构

198. 增压压力传感器的工作原理是怎样的?

增压压力传感器的作用是检测涡轮增压器的实际增压压力，ECU 根据此信号对增压压力进行控制。测定的压力范围一般是 2～400kPa。

工作原理：涡轮增压压力传感器一般安装在增压器出口侧的进气管中，采用硅膜片作为检测元件，硅膜片结构及等效电路如图 3-27 所示。在怠速、冷却液温度超过 115℃或冷却液温度传感器异常时，增压电磁阀不通电（切断），阀控制器的膜片承受实际增压压力，增加排气的旁通量，增压压力下降；相反，当增压控制电磁阀通电时，排气旁通量降低，使增压压力升高。此外，如果增压压力异常升高，增压压力传感器的输出电压超出一定数值时，系统燃油被切断。

199. 大气压力传感器的工作原理是怎样的?

大气压力传感器的作用是检测实际环境的大气压力，向发动机控制单元（ECU）传送一个瞬时环境空气压力信号，此值取决于海拔。ECU 根据此信号计算出一个控制增压压力和废气再循环的大气压力修正值。校正与大气压力有关的、用于闭环控制回路的设定值，如废气再循环闭环控制、增压压力闭环控制。测定的压力范围一般为 60～150kPa。

大气压力传感器一般安装在空气流量传感器上，也有安装在前保险杠内。大气压力传感器结构原理与进气压力传感器相似，有 3 根引线，1 根线是电源线，另 1 根是信号线，第 3 根是搭铁线。

200. 共轨压力传感器结构与工作原理是怎样的?

共轨压力传感器又称燃油压力传感器，适用于电控共轨燃油供给系统，ECU 根据此信号对共轨压力进行闭环控制，测定的压力范围一般为 0～200MPa。它主要由压力敏感元件（焊接在压力接头上）、带求值电路的电路板和带电气插头的传感器外壳等组成。

图 3-30 是博世公司共轨压力传感器的结构图，图 3-31 是日本电装公司 ECD-U2 型电控共轨系统共轨压力传感器的结构和特性曲线。

工作原理：共轨压力传感器一般安装在共轨上，如图3-32所示。有些柴油机的低压燃油泵和滤清器之间也装有压力传感器，利用它来监测柴油滤清器的堵塞情况。

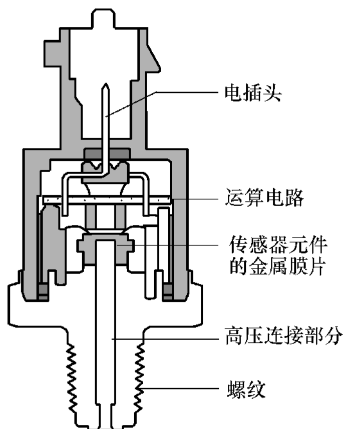


图 3-30　博世公司共轨压力传感器的结构图

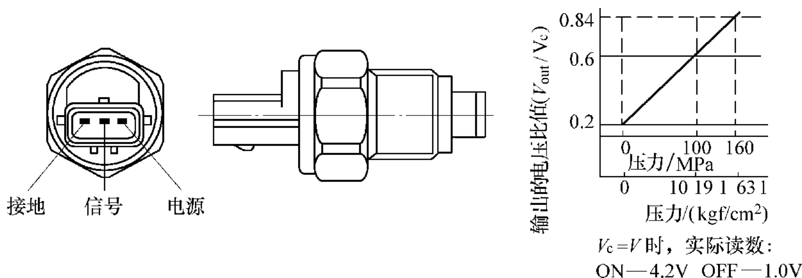


图 3-31　日本电装公司 ECD-U2 型电控共轨系统共轨压力传感器的结构和特性曲线

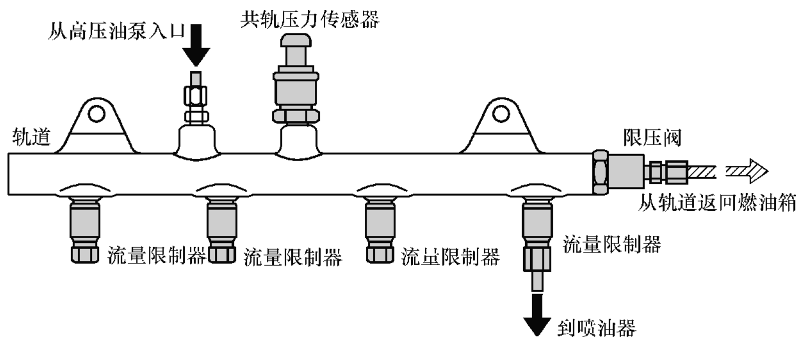


图 3-32　共轨压力传感器的安装位置

燃油经一个小孔流向共轨压力传感器，传感器的膜片将孔的末端封住。高压燃油经压力室的小孔流向膜片。膜片上装有半导体型敏感元件，可将压力转换为电信号。通过连接导线将产生的电信号传送到一个向 ECU 提供测量信号的求值电路。

201. 排气压差传感器的工作原理是怎样的?

排气压差传感器的作用主要是检测排气管颗粒捕集器（DPF）两侧压力差。压差传感器将压力差信号送入 ECU，ECU 根据该压力差判断颗粒捕集器中颗粒的积聚程度，决定“再生”触发时刻及额外燃料注入量。同时，ECU 还可以根据此信号，通过控制 EGR 阀调节燃烧室的温度。

压差传感器的结构原理与压力传感器基本相同，只是压差传感器的硅片两侧均为压力气室，一侧为低压气室，一侧为高压气室，结构如图 3-33 所示。压力传感器也可以看作压差传感器，只是检测的压力为相对于绝对压力为零的压差。

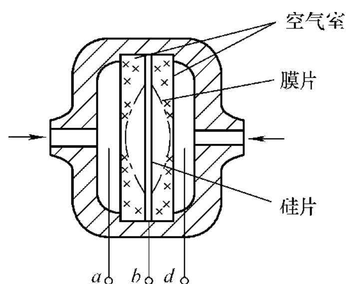


图 3-33　排气压差传感器结构

柴油机为了达到排放标准的要求，通常的方法是在汽车尾气排放部分放置颗粒捕集器，捕集尾气中的微小颗粒。颗粒捕集器不同于催化转化器，只是一种物理降低排气颗粒方法。随着过滤下来的颗粒积累，造成排气背压增加，使柴油机动力性和经济性恶化。因此必须要及时除去颗粒捕集器中的颗粒，以便使柴油机能继续正常工作。除去颗粒捕集器中积存的颗粒称为再生，这是颗粒捕集器使用中的关键技术。再生过程中有一个问题，再生间隔时间会降低柴油机性能，频繁再生会增加柴油机耗油量。因而，选择合理的再生触发时刻显得非常重要。



202. 燃烧压力传感器的工作原理是怎样的？

燃烧压力传感器是柴油机上一种新型传感器，它的作用是实时测量气缸内的燃烧压力，作为闭环调节回路一个精确的反馈信号，进一步优化燃烧过程，将燃料的喷射压力控制在最佳状态以提高燃烧效率，降低柴油机的原始排放，满足日益严格的排放要求。

德国大众和奥迪已经在柴油机上安装燃烧压力传感器，对燃料喷射压力进行闭环控制。一般柴油机气缸内最大压力为10～20MPa，燃烧压力传感器最大量程可达25MPa，能够满足柴油机正常工作要求。

七、转速传感器

203. 电控柴油机的车速传感器有几种？

车速传感器一般安装在汽车变速器输出轴上，向ECU提供汽车速度信号。该信号用于进行巡航控制、车速限制和通过发动机反拖制动保持最高预设车速的自动控制，而且在发动机进行高强度反拖制动时，发动机冷却风扇离合器会自动进入接合状态。这可以使发动机增加15～33.5kW的减速制动功率，使车速降低。

车速传感器的类型主要有：可变磁阻式、光电式、电磁感应式、笛簧开关式、霍尔式等。

204. 可变磁阻式车速传感器的结构与工作原理是怎样的？

可变磁阻式车速传感器的安装位置及结构如图3-34所示，它安装在变速器壳体上，直接由变速器齿轮驱动。其主要由磁阻元件、转子、印制电路板和磁环等构成。图3-35所示为可变磁阻式车速传感器的工作原理与电路，当齿轮驱动传感器轴旋转时，与轴连在一起的多极磁环也同时旋转，磁环旋转引起磁通变化，使集成电路内的磁阻元件的阻值发生变化。如图3-36所示，当流向磁阻元件MRE的电流方向与磁力线方向平行时，其电阻值最大；电流方向与磁力线方向垂直时，其电阻值最小。在磁环上，N极与S极交替排列，随着磁环的回转使其磁力线方向不断地变化，伴随其每转一圈，在内置磁阻元件的集成电路中发生20个脉冲信号，该信号即作为车速信号送入速度表。磁通量的变化与磁环速度成正比，这样利用磁阻元件的阻值变化就可以检测出磁环旋转引起的磁通变化，将电压的变化输入到比较器中进行比较，再由比较器输出信号控制晶体管的导通和截止，这样就可以检测出车速。

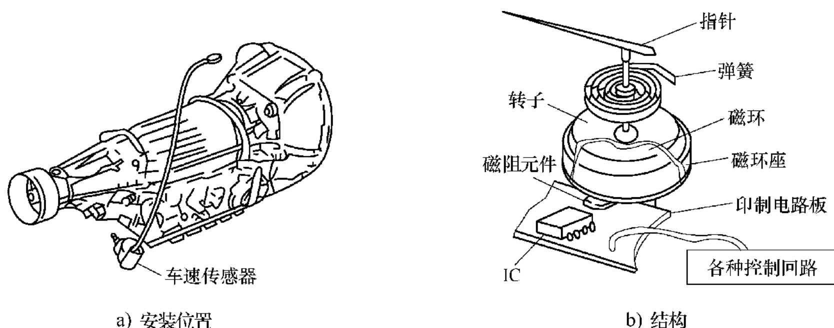


图3-34　可变磁阻式车速传感器的安装位置及结构

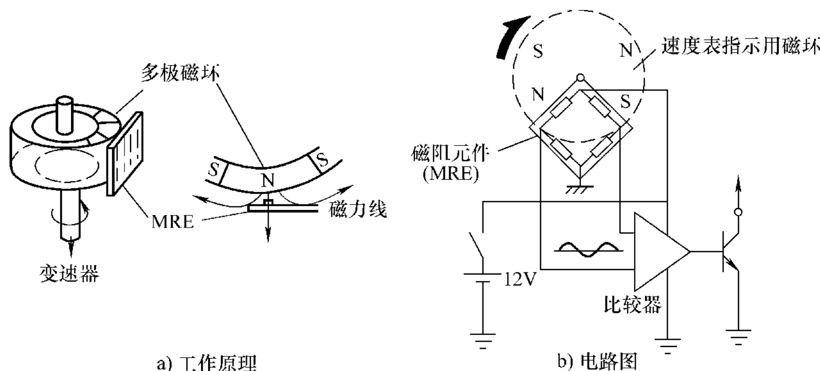


图 3-35　可变磁阻式车速传感器的工作原理与电路

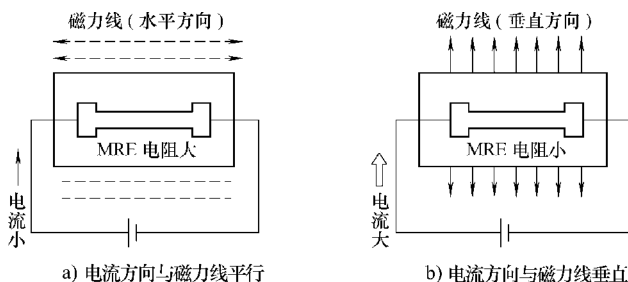


图 3-36　可变磁阻元件（MRE）的工作过程

205. 光电式车速传感器结构及工作原理是怎样的?

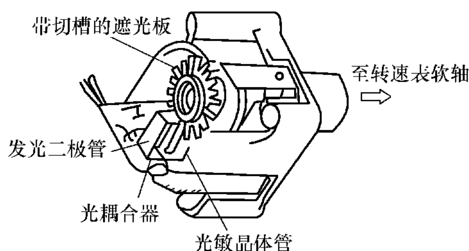


图 3-37　光电式车速传感器的结构

光电式车速传感器的结构如图 3-37 所示，它用于数字式速度表上，由发光二极管（LED）、光敏晶体管以及装在速度表驱动轴上的遮光板构成。图 3-38 所示为光电式车速传感器的工作原理，当遮光板不能遮断光束时，发光二极管的光射到光敏晶体管上，光敏晶体管的集成极中有电流通过，该管导通，这时晶体管 VT_1 也导通，因此在 S_i 端子上就有 5V 电压输出。脉冲频率取决于车速，在车速为 60km/h 时，仪表挠性驱动轴的转速为 637r/min，仪表软轴每转一圈，传感器就有 20 个脉冲输出。

206. 电磁感应式车速传感器结构与工作原理是怎样的?

电磁感应式车速传感器由永久磁铁和电磁感应线圈组成（图 3-39a）。它固定在自动变速器输出轴附近的壳体上，靠近输出轴上的停车锁止齿轮或感应转子安装。当输出轴转动时，停车锁止齿轮或感应转子的凸齿不断地靠近或离开车速传感器，使感应线圈内的磁通量发生改变，从而产生交流感应电压（图 3-39b）。车速愈高，输出轴的转速也愈高，感应电压的脉冲频率也愈大。ECU 根据感应电压脉冲频率的大小计算出车速。



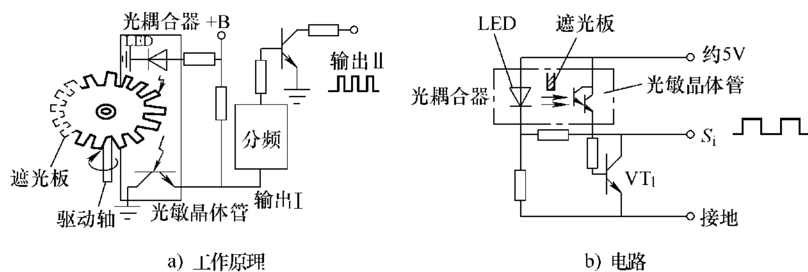


图 3-38　光电式车速传感器的工作原理

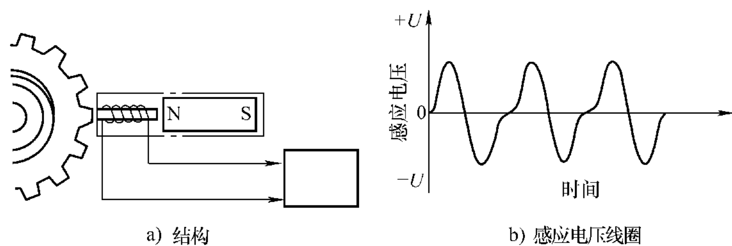


图 3-39　电磁感应式车速传感器工作原理图

第四章

电控柴油机排气净化系统

一、废气再循环系统

207. 什么是废气再循环系统？

废气再循环（EGR）系统是一种广泛应用在汽油机和柴油机上的排放控制装置，它主要用于降低 NO_x 的生成。它是在保证柴油机动力性不降低的前提下，将一部分废气引入进气系统中，和空气混合后一起进入气缸参与燃烧，通过降低燃烧室燃烧的最高温度和氧气含量来降低 NO_x 的排放。EGR 降低 NO_x 的排放是通过 ECU 完成的。ECU 根据柴油机负荷、转速、冷却液温度传感器传来的信号及起动开关信号对 EGR 率和 EGR 时机进行控制，保证在对柴油机性能影响不大的条件下，降低尾气中 NO_x 排放。

208. 废气再循环系统的类型有几种？

废气再循环系统分为自然吸气式柴油机 EGR 系统与增压式柴油机 EGR 系统两种类型。

209. 电控 EGR 系统是怎样的？

电子控制 EGR 系统（如图 4-1 所示）。电子控制单元根据发动机转速信号、供油量和冷却液温度等信号，按预先设定的 EGR 率脉谱图。在实际应用中，柴油机的 EGR 还流管直径要比汽油机大得多，因为柴油机进气管与排气管之间的压差较小，需要的 EGR 还流量又高于汽油机。为了提高废气再循环量，在柴油机的进气管上加上进气节流阀，以便在低负荷时通过进气节流方法增大排气管与进气管之间的压力差。

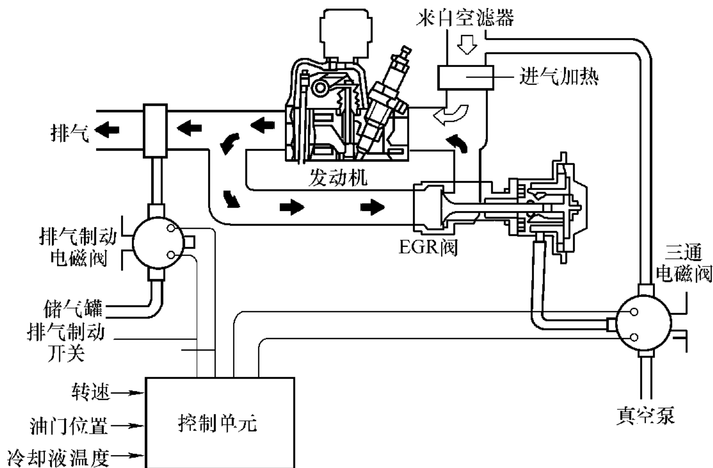


图 4-1　电控 EGR 系统

在增压柴油机中，会出现增压压力大于排气压力的现象。为了保证排气再循环，在废气再循环阀前应增加一个单向阀，以利用废气脉冲进行废气再循环。



210. 增压柴油机 EGR 系统采用了哪些措施?

自然吸气式柴油机中所用的 EGR 系统与汽油机类似，在进气与排气之间有足够的压力差，所以 EGR 的控制较为容易。面在增压柴油机中，由于增压器后的进气压力高于增压器前的排气压力，使 EGR 工作困难，EGR 率不同。为提高增压柴油机的 EGR 率，在结构上采用如下措施：

1）如图 4-2a 所示，在 EGR 阀前增加一个排气脉冲阀 6，利用排气脉冲加大 EGR 量。

2）增加进气节流阀 7 对进气进行节流（如图 4-2b），可降低柴油机前的进气压力，可使 EGR 率大为提高。但显然会增加柴油机的泵气损失，增加燃油消耗量。

3）在进气系统中加装一个文丘里管 8（如图 4-2c），提高 EGR 的有效压差，从而扩大 EGR 率在可调范围。由于文丘里管喉口的压降，在喉口下游可得到部分的恢复，压力损失可以减小，调节文丘里管的旁通阀 9，可改变 EGR 有效压差。

4）用专门的 EGR 泵 11（如图 4-2d）强制进行 EGR，该泵由涡轮增压器驱动。

5）用 2 级涡轮增压器提高 EGR 率。发动机在较低的负荷和低转速下，小涡轮机承担了大部分压缩空气的工作，而发动机在中等负荷和大负荷时，随着柴油机转速的提高，大涡轮机的作用增强，更多的废气推动大涡轮，增强进气压力和增压进气量，EGR 率得到有效提高。当发动机在高负荷且转速达到最高值（例如 4200r/min）时，为防止进气压力过高，打开减压阀，使一部分废气不经过大涡轮直接排出车外。

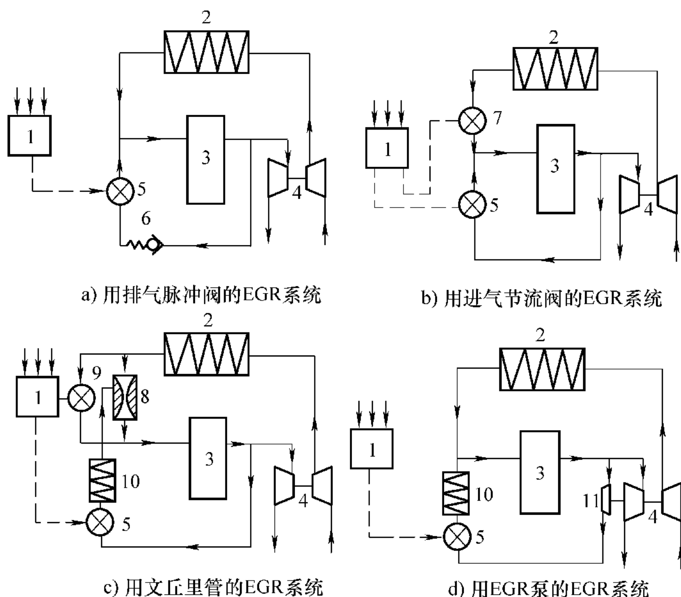


图 4-2 增压中冷柴油机 EGR 系统

1—电控单元 2—中冷器 3—柴油机 4—涡轮增压器 5—EGR 阀
6—排气脉冲阀 7—进气节流阀 8—文丘里管
9—文丘里管的旁通阀 10—EGR 冷却器 11—EGR 泵

6）用可变喷嘴增压器 VNT（Variable Nozzle Turbocharger），是实现增压柴油机有效 EGR 的一个新途径。用普通涡轮增压器，实现足够的 EGR 往往有困难。用可变喷嘴涡轮增压器时，柴油机大负荷时，可以通过减小涡轮喷嘴流通面积来提高排气压力，进而增大大负荷领域的 EGR 率。

7）用可变截面涡轮增压器（VGT，Variable Geometry Turbocharger）提高柴油机的 EGR 率。可变截面涡流增压器是通过改变涡轮的流通截面来实现与柴油机各个工况的匹配。当涡轮机的轴带动叶片旋转时，叶片位置转动时，涡轮的流通截面相应改变。流通截面较小，废气的流速越大，与此同时涡轮的输出功率越大，增压比也越高。当发动机处于不需要高增压比的工况时，叶片处于极限位置，废气的流动损失也减小。可变截面涡轮增压器系统用于柴油轿车发动机上，因为轿车柴油机工况变化频繁并且转速变化范围宽，要求增压器在宽广的工况范围内应有良好的流通性和较高的效率。

211. 使用废气再循环排气冷却有什么好处？

在废气再循环系统中，EGR 冷却器专门用于 EGR 排气冷却，这样可以使进入气缸内的新鲜空气损失减少，避免发动机大负荷时燃油经济性和烟度恶化。用 EGR 冷却器，发动机在不同工况下，EGR 温度可下降 50～150℃，同时 NO_x 也下降 10% 左右。

212. 增压柴油机 EGR 的控制过程是怎样的？

（1）控制方式

增压柴油机 EGR 系统一般采用电子控制，其控制方式为开环控制或闭环控制。

1）开环控制。电控单元根据柴油机转速、负荷以及进气和排气中氧气浓度、温度等传感器的信号，按标定的 EGR 脉谱对 EGR 阀、节流阀、旁通阀等执行机构进行控制。这种开环控制考虑到混合气的成分，根据不同转速、负荷条件，由进气和排气中的氧气浓度来确定最优 EGR 率。

2）闭环控制。闭环控制可以选择排气背压闭环控制，也可选择排气氧气传感器的闭环控制。可以用 EGR 阀开度作为反馈信号，也可以用 EGR 率作为反馈信号，对进气中的氧气浓度进行检测，将检测结果反馈给电子控制单元，从而不断调整 EGR 率，使其始终保持在最佳状态。

（2）控制时间

汽油发动机在发动机中小负荷时将一定量的废气引入燃烧室参与燃烧，怠速、全负荷时不起作用。柴油发动机在发动机怠速、中小负荷时将一定量的废气引入燃烧室参与燃烧，全负荷时不起作用。

213. EGR 系统的结构分为几种？

柴油机 EGR 系统的结构主要分为：

① 废气再循环阀与机械阀分开（如图 4-3 所示）。

② 废气再循环电磁阀与机械阀制成一体，它由发动机电控单元控制（如图 4-4 所示）。

柴油机 EGR 系统中的 EGR 阀可以是真空式、电磁阀式，也可以是气动式。

214. 真空式的 EGR 控制阀是怎样的？

真空式的 EGR 控制阀如图 4-5 所示。在中间有一个金属膜片，真空室可以在膜片上方或在下方。排气的流量取决于排气管的压力、进气管的真空度以及阀的开度。采用真空方式



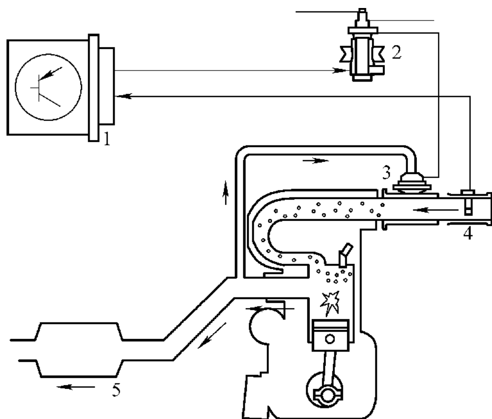


图4-3　EGR与机械阀分开式

1—发动机控制单元　2—废气再循环阀（电磁）　3—废气再循环阀（机械）　4—空气流量计　5—排气净化装置

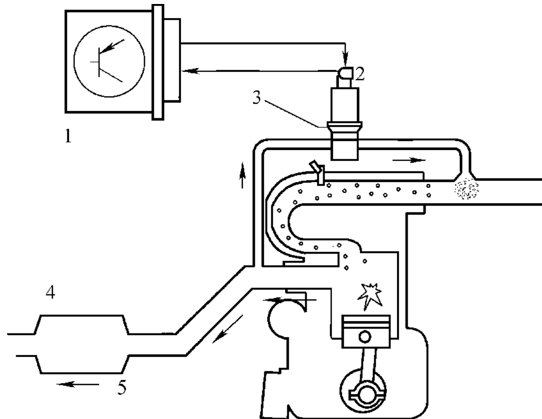


图4-4　EGR与机械阀合并方式

1—发动机控制单元　2—废气再循环阀（电磁）　3—废气再循环阀（机械）　4—排气净化装置　5—排气净化装置

驱动的优点是：控制此真空阀的电磁阀可以远离高温排气，同时可以得到大的驱动力。缺点是机构复杂，响应速度慢。

215. 电磁铁直接驱动的EGR控制阀是怎样的？

电磁铁直接驱动的EGR控制阀如图4-6所示。它是一种线性EGR控制阀，是由PWM信号控制的比例电磁阀。工作时，电控单元根据当前运行工况决定EGR量，再根据事先标定情况，决定PWM信号的脉宽，就可控制EGR量。这种阀上通常还装有阀口开度传感器，将实际的阀口开度反馈给电控单元，实现对阀口开度的闭环控制，从而形成对EGR量的精确控制。因此其EGR量的控制精度比真空阀高，而且响应速度比真空阀高得多。目前这种电磁阀的应用已越来越广。由于这种电磁阀接近高温气体，工作环境差，对其可靠性提出更高的要求。

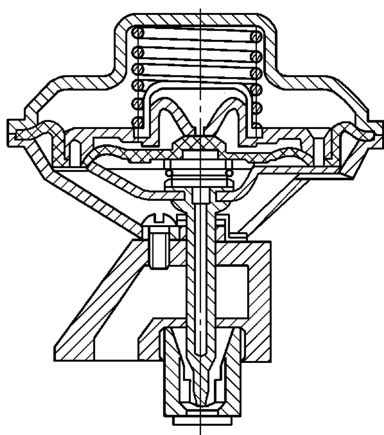


图4-5　真空式的EGR控制阀

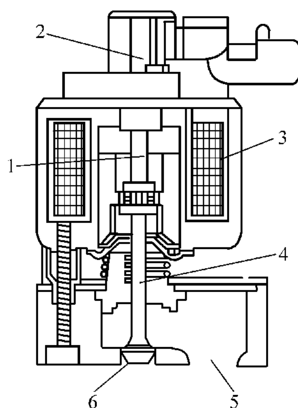


图4-6　电磁铁直接驱动的EGR控制阀

1—电枢　2—阀口开度传感器　3—线圈　4—阀芯　5—进气孔　6—出气孔

216. EGR 系统的工作原理是怎样的?

EGR 系统的工作原理如图 4-7 所示。EGR 系统的任务就是使废气的再循环量在每一个工作点都达到最佳状况，从而使燃烧过程始终处于最理想的情况，最终保证排放物中的污染成分最低。EGR 阀通常在柴油机暖机运转或转速超过怠速时开启。尽管提高废气再循环率对减少 NO_x 的排放有积极的影响，但同时也会对颗粒物和其他污染成分的减少产生消极的影响。

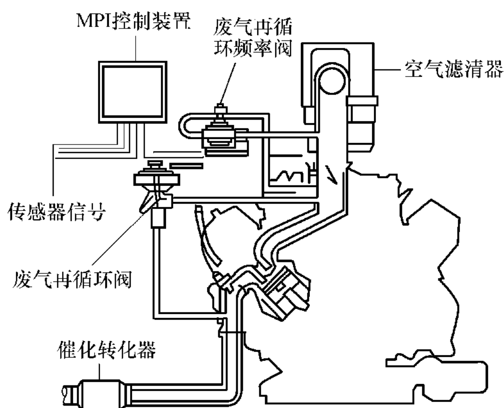


图 4-7　废气再循环系统

增压中冷柴油机实现废气再循环一般有两种方式：一种是将涡轮前的排气引入中冷器之后，称为高压废气反向。采用可变截面涡轮增压器，可以扩大废气再循环有效工作范围，降低 NO_x 和颗粒物（PM）排放，燃油消耗也不升高，这是将高压废气再循环系统用于增压中冷柴油机的最好方法。另一种是将涡轮后的排气引入压气机之前，称为低压废气再循环系统。它可有效降低 NO_x，而且废气循环工作范围较大，与柴油机匹配能有效地发挥其功能。

217. 低压废气再循环系统是怎样的?

低压废气再循环系统的主要元件是数控式 EGR 阀。数控式 EGR 阀安装在排气歧管上，作用是对再循环到柴油机的废气量进行准确的控制，而不管歧管真空度的大小。EGR 阀通过三个孔径递增的计量孔控制从排气歧管流回进气歧管的废气量，以产生 7 种不同流量的组合。每个计量孔都由一个电磁阀和针阀组成，当电磁阀通电时，电枢便被磁铁吸向上方，使计量孔开启。旋转式针阀的特性保证了当 EGR 阀关闭时具有良好密封性。

218. 脉冲式废气再循环系统是怎样的?

废气再循环系统的另一种类型，即日野汽车公司开发的脉冲式废气再循环系统。在柴油机进气过程中，排气门稍有提升，使部分高压废气回流到气缸内，排气门的这个作用是通过修改排气门凸轮的形状和将废气再循环系统微升来实现的。在脉冲式废气再循环系统中，废气被重新送回气缸内，因此废气的压力应高到足以使气流反向。要达到这样高的压力只有通过优化气门微升和定时，从而利用废气的压力波才能实现，在该废气再循环系统中，废气压力“脉冲”被有效利用。

二、排气后处理系统

219. 什么是排气后处理技术?

电控柴油机排气中氧含量较高，HC 和 CO 的含量比汽油低得多，其主要有害物是 NO_x 和颗粒物（PM），因此柴油机排气净化的重点是降低 NO_x 和减少颗粒物（PM）排放。仅依靠柴油机燃烧技术的改进，还达不到控制污染物的要求，因此需要结合排放后处理。目前针对柴油机的排放后处理措施主要有：

① 采用选择性催化还原（SCR）技术，通过优化燃烧降低 PM 排放，依靠 SCR 处理降低 NO_x 排放。



② 采用 EGR 技术，通过 EGR 来降低 NO_x 排放，依靠颗粒捕集器（DPF）或颗粒氧化催化转化器（DOC）等后处理装置降低 PM 排放两种方法。

220. 什么是氧化催化转化器技术？

催化转化器在汽油机上的巨大成功给柴油机生产厂以启迪，可以利用催化剂来控制柴油机排放。柴油机氧化催化剂的概念就是将柴油机排气中的 CO、HC 以及颗粒中的可溶性有机成分（SOF）转换成 CO_2 和 H_2O。

催化转化器由壳体、减振层、载体及催化剂四部分组成，如图 4-8 所示。催化剂涂层决定催化转化器催化转化性能，根据不同的发动机、不同的车辆有不同的配方和加工工艺。

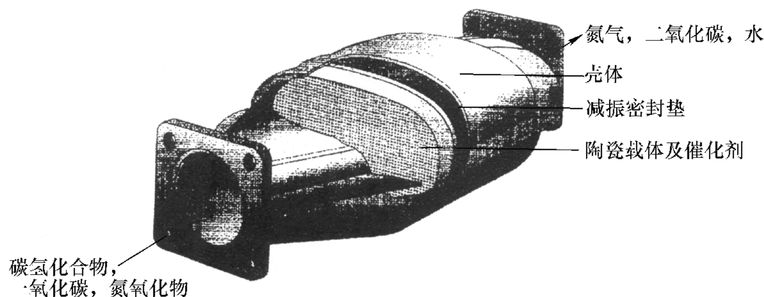


图 4-8　催化转化器的组成

221. 催化转化器的工作原理是怎样的？

柴油机用催化转化剂与汽油机的基本相同，可用铂（Pt）等贵金属。催化转化剂（Oxidizing Catalyst）的作用是促使排气中的 PM、HC 和 CO 发生催化反应，被氧化为水和二氧化碳排出。但因柴油机排气温度低，颗粒物中的炭烟难以氧化，氧化催化剂主要用于转化可溶性有机组分 SOF（Soluble Organic Fraction），达到颗粒物排放降低的效果。同时也可使 HC 和 CO 排放进一步降低，还可净化其他有害成分（如乙醛等），以及减轻柴油机排气臭味。

钯（Pd）的催化活性尽管不如 Pt，但产生的硫酸盐要少得多，同时价格也便宜，因此也有选择 Pd 作为柴油机催化转化剂的活性成分的。试验表明当使用 Pt 系催化剂时，由于大量硫酸盐的产生使颗粒物排放总量比未使用催化剂时高了 50% 以上。但如果使用 Pd 系催化剂，在 SOF 排放明显降低的同时硫酸盐的生成量也不大，因而颗粒物排放总量降低约 1/3。另外，用氧化硅代替氧化铝作为涂层材料也可以减少硫酸的生成。

带有吸附功能的催化转化器的原理如图 4-9 所示。在发动机刚起动后的催化剂活性很低的低温阶段，排气中的未燃成分 HC 和 PM 中的可溶有机成分 SOF 被 HC 的吸附材料所吸附，当温度升高后，催化剂的活性提高，吸附材料的吸附能力降低，于是未燃 HC 和 SOF 脱离吸附材料，在催化转化剂的作用下变为无害的成分排出。由于采用了和 SO_2 难以反应的材料，催化转化器的寿命和效率得到了提高。试验结果表明，这种带有吸附功能的催化转化器可使排气中的 CO、HC、SOF 减少 50% ~90%。这种催化转化器的缺点是不能除去 PM 中的炭烟粒部分。

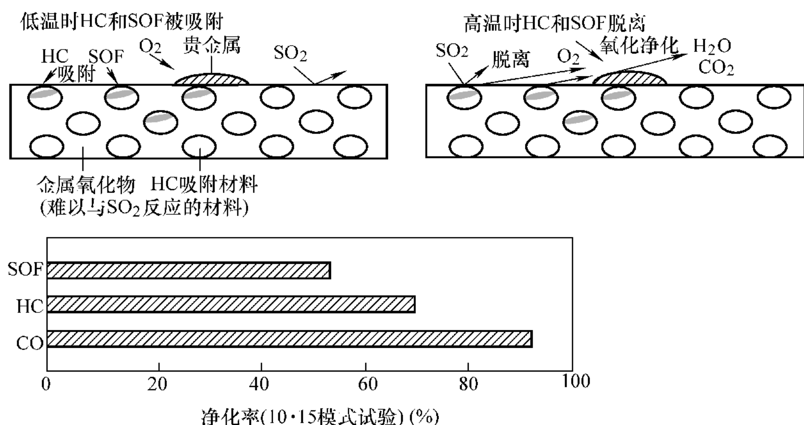


图 4-9　带有吸附功能的催化转化器的原理图

大众轿车电控柴油机催化转化器结构图如图 4-10 所示。

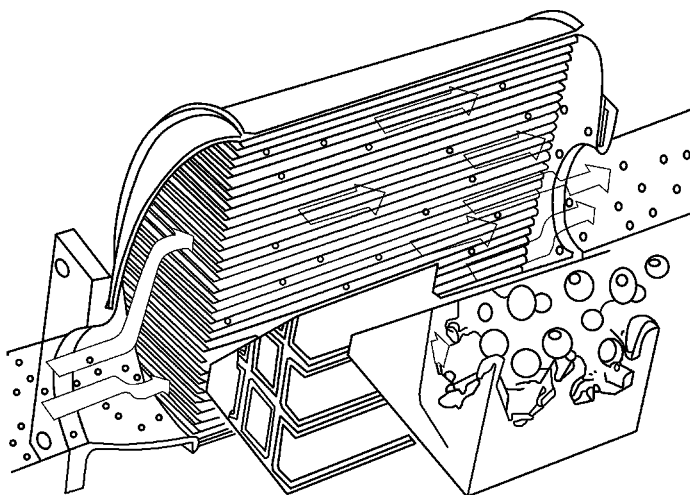


图 4-10　大众轿车电控柴油机催化转化器结构图

222. 什么是四效催化转化器技术?

四效催化转化器（Four-way catalyst）是一种最理想的柴油机排气净化装置。它能使颗粒和 NO_x 互为氧化剂和还原剂，并在同一催化床上同时除去 CO、HC、PM（颗粒物）和 NO_x。

所谓“四效催化”就是指在柴油机排气系统中同时除去 HC、CO、PM 和 NO_x 的催化技术，在柴油车排气控制系统中，开发一个新型催化体系，让 PM、CO、HC 和 NO_x 互为还原剂和氧化剂，在同一催化剂床层上同时除去 HC、CO、PM 和 NO_x，实现柴油车排气的净化，达到环保法规的要求如图 4-11 所示。

223. 车用柴油机四效催化转化系统有几种?

车用柴油机四效催化系统均为复合技术，由稀燃 NO_x 催化剂（LNC，Lean-burn NO_x Catalyst）和柴油机颗粒捕集器（DPF）两种技术，或者由 LNC 和柴油氧化催化剂（DOC，



Diesel Oxidation Catalyst）两种技术综合为一体单一装置，或者由 NO_x 储存还原三效催化剂（NSR，NO_x Storage Reduction）和共轨燃料喷射系统技术结合的装置。近年来，四效催化转化器技术发展迅速。

例如，Cerxy 公司在其旗舰柴油机产品中采用 QuadCAT 四效催化转化器。该转化器由 4 个部分组成：①热交换器；②柴油机颗粒捕集器或柴油氧化催化转化器；③稀燃NO_x 催化剂；④燃料喷射系统和控制系统。

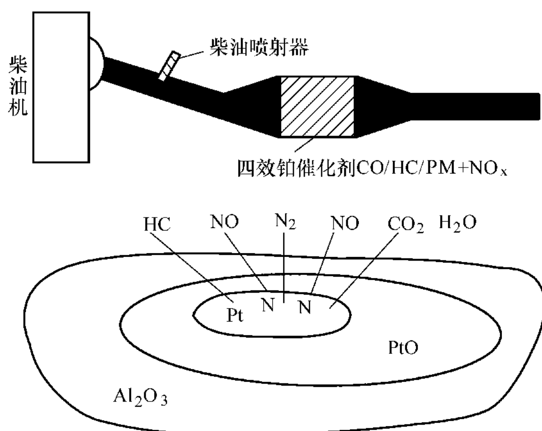


图 4-11　柴油机四效催化剂示意图

将 QuadCATl 转化器装于排量 12L、功率 300kW 的重型柴油车上，使用 2 号柴油（含硫 350×10^{-6} 以上）时，可以使柴油车排放的 CO 和 HC 减少 95% 以上，PM 减少 90%，NO_x 减少 44%。该催化转化器已经投产，供重型柴油车和柴油轿车使用。但是 QuadCAT 转化器还有待改进，如提高 NO_x 的转化率和 NO_x 转化生成 N_2 的选择性。

224. 丰田汽车的四效催化转化器是怎样的?

丰田汽车公司近年推出的装有四效催化转化器的电子喷射柴油机如图 4-12 所示。该柴油机为共轨燃油系统发动机，还具有排气道喷射 EPI（Exhaust-Port Injection）装置、低温燃烧 LTC（Low Temperature Combustion）装置和补充喷油装置 PI（Post Injection）等。

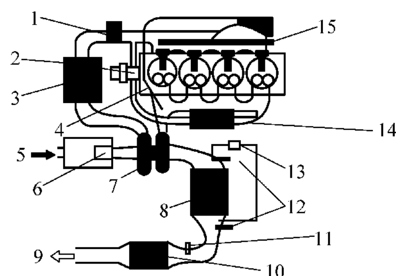


图 4-12　丰田公司的四效催化转化器电控柴油机系统示意图

1—节气门　2—EGR 阀　3—中冷器　4—排气道喷射器　5—进气　6—空气流量计　7—增压器　8—DPNR 净化器　9—排气　10—氧化转化器　11—空燃比传感器　12—温度传感器　13—压差传感器　14—EGR 冷却装置　15—共轨系统

该车上的四效催化转化器的构造与颗粒过滤器类似，不同之处是在颗粒过滤器的表面涂抹了 NSR（NO_x Storage Reduction）催化剂，为了使 PM、CO 和 HC 进一步降低，在 DPNR（Diesel Particulate-NO_x Reduction System）催化转化器的下游还布置了氧化催化器。该装置以多孔陶瓷颗粒过滤器和稀薄混合气汽油机使用的吸附还原型三效催化器为基础，其原理是利用在稀混合气运行吸附 NO_x 时产生的氧和排气中的氧氧化 PM。当在瞬间的浓混合气状况运行时，虽然排气中的氧含量少，但可应用 NO_x 脱附后还原时产生的氧来氧化 PM。为了最大限度的净化 NO_x 和提高 PM 的氧化率，必须精确控制再生和脱硫时间等。

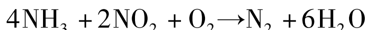
225. 柴油机 NO_x 后处理方法有几种?

目前研究开发中的柴油机 NO_x 后处理方法有：①选择非催化还原；②选择催化还原；③非选择催化还原；④催化吸附还原等 4 种。其中，选择非催化还原、选择催化还原、非选择催化还原在一些柴油机上有不少应有实例。催化吸附还原技术已用于稀燃汽油机，在柴油

机上使用时，应考虑如何制造吸附还原催化剂再生时所需的还原氛围。例如在电控高压共轨柴油机上，可通过燃烧后期向缸内二次喷油的方法产生足够的还原氛围。车用柴油机 NO_x 后处理方法中相对比较成熟的是选择催化还原和选择非催化还原。

226. 什么是选择催化还原（SCR）技术？

选择催化还原法（SCR）技术的原理是在排气管中加入还原剂（氨或 HC），并在催化剂的作用下对排气中的 NO_x 进行还原。SCR 转化器的催化作用具有很强的选择性：NO_x 的还原反应被加速，还原剂的氧化反应受到抑制。该技术一般利用一个空气辅助的溶液喷嘴，在催化剂前将尿素的水溶液喷到排气中去，也有方案考虑喷射粉末状尿素。尿素在排气系统中水解，生成 NH_3。要很好地控制喷射速率以避免氨泄漏或 NO_x 转换效率低的问题。尿素和 NO_x 反应生成 N_2、H_2O，反应方程式为：


$$4NH_3 + 2NO_2 + O_2 \rightarrow N_2 + 6H_2O$$

系统所使用的催化剂主要是一些金属氧化物，如 V_2O5-TiO_2、Ag-AL_2O_3，以及沸石等。最佳的工作温度一般在 250～500℃。温度过低，NO_x 还原反应不能有效进行；温度过高，使还原剂直接氧化造成较多的还原剂消耗和新的 NO_x 生成，催化转化器也会因为过热而损坏。

使用 SCR 降低 NO_x 排放时，柴油中的硫会以 $S \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow NH_4HSO_4$ 或者（NH_4）SO_4 的途径生成硫酸铵或者硫酸氢铵，它们沉积在催化剂表面上并使其失活，因此使用 SCR 的柴油机要求柴油的硫含量少。目前对于柴油机来说，SCR 是 NO_x 转换效率最高的技术，可达 60%～90%。而且该技术不会导致柴油机颗粒物（PM）排放的增加，耐硫性也比较高。

227. 什么是选择非催化还原（SNCR）技术？

SNCR 的工作原理是在排气中加入 NH_3，作为还原剂 NH_3 与 NO_x 反应生成 N_2 和 H_2O，这种方法的优点是不需要昂贵的催化剂，在有催化剂的条件下，HN_3 与 NO_x 反应的工作温度为 200～400℃，总反应式为：


$$4NO + O_2 + 4NH_3 \rightarrow 4N_2 + 6H_2O$$


$$NO + NO_2 + 2NH_3 \rightarrow 2N_2 + 3H_2O$$

在这一反应中，氧气作为一种不可或缺的成分存在，相比于汽油机，这种催化反应更适合于富氧工作的柴油机。在无催化剂条件下，净化效果只出现在 1100～1400K 温度范围内。其原因是，还原反应实际上是在 NH_2 和 NO 之间进行的，而只有在这个温度范围内才能由 NH_3 产生大量 NH_2。温度低时，NH_2 产生量少，而温度高时，通过 $NH_3 \rightarrow NH_2 \rightarrow NH \rightarrow NO$ 这样的途径，由 NH_3 生成 NO，这就是温度高于 1400K 时 NO 反而增多的原因。

SNCR 技术由于受到温度范围的限制，在发电厂脱硝中有广泛的应用，在柴油机上的应用遇到困难，在一些低速大功率船用柴油机上有应用。

228. 什么是颗粒物的净化技术？

柴油机颗粒物（PM）的净化技术主要有催化转化技术以及过滤净化技术、颗粒收集或捕集（捉）技术以及催化转化器和过滤器并用技术。其中最为有效的方法是各种过滤器。颗粒过滤器也叫颗粒捕（收）集器、颗粒捕捉器等。

颗粒过滤器（DPF，Diesel Particulate Filter）的原理是先用过滤装置过滤废气中的颗粒物质，当过滤器收集到的颗粒物太多影响柴油机工作时，然后采用更换过滤器或对收集的颗



粒采用氧化或燃烧技术进行清洁，使颗粒过滤器恢复原状重新工作。

排气颗粒过滤器在排气管上，对排气有过滤作用。颗粒过滤器应该具有的特点是：较高的过滤效率和较低的压降和排气背压，以确保柴油机有效功率和输出功率；所用的材料应该耐高温，且使用寿命应该较长；满足上述要求的条件下，其体积应该尽可能小。

229. 颗粒过滤器的类型和结构是怎样的？

颗粒过滤器通常为圆筒形，如图 4-13 所示。它直接串联在排气管路中。排气颗粒经滤芯被收集，随着运行时间的增加，过滤效率会降低，排气背压由于过滤器的阻塞而上升，因此在经过一段时间后，要对过滤器进行再生处理，使过滤器的颗粒物燃烧掉。根据过滤器的结构不同，可将颗粒过滤器分为非整体式及整体式两大类。

非整体式颗粒过滤器的滤芯是由耐高温的金属丝网或陶瓷纤维等交错地构成。排气从弯弯曲曲的微小孔道中通过。

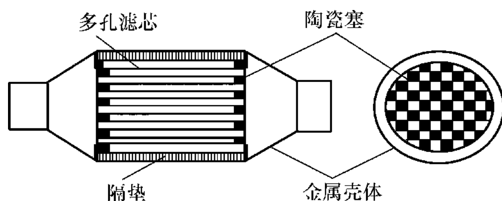


图 4-13　颗粒过滤器

整体式过滤器的滤芯为整体蜂窝状，常用堇青石（由 MgO、AL_2O_3 及 SiO_2 组成）制成。两端面孔道的进、排气孔间隔地用陶瓷塞堵住。排气经过细微多孔的壁时，颗粒被拦截住。

通常在滤芯与不锈钢管的外壳之间，安装具有弹性的陶瓷衬垫。目的是为了补偿金属外壳和滤芯的不同的轴向、径向伸缩；缓冲车辆行驶时对滤芯的冲击及滤芯的振动；密封滤芯的外圆周，防止排气从外围流过；隔热保温，减少金属管及滤芯的径向温度下降梯度与热应力；调节金属管不同的轴向膨胀及剪切变形，减小传给滤芯的应力。

230. 什么是颗粒过滤器的再生技术？

颗粒过滤器的作用是用于拦截颗粒并将它们储存起来，经过使用一段时间后，排气背压会增加，如果不及时清除掉颗粒物，发动机的性能会恶化，使油耗增加。因此，必须对颗粒过滤器进行再生，除去颗粒物。

过滤器再生的原理是使颗粒发生氧化反应变成 CO_2 气体随排气一起排入大气。能否使颗粒发生氧化反应变成 CO_2 气体，主要取决于以下几个方面：

① 温度是否大于开始颗粒物燃烧的最低温度。

② 氧浓度是否大于 2%（质量分数）。

③ 是否有足够的反应时间。其中最关键的是颗粒物的温度。

231. 颗粒过滤器再生的方法有几种？

柴油机在高速、高负荷运转时，排气温度可以达到 600℃以上，过滤器的颗粒能较快地氧化燃烧。试验表明，大约有 85% 的颗粒氧化成 CO_2 气体，其余部分因缺氧未安全燃烧，成为 CO；而在部分负荷、小负荷时，温度低，不能进行颗粒过滤器的再生。为了能在多种工况下使颗粒物发生氧化反应变成 CO_2 气体，通常采用降低颗粒物开始燃烧的最低温度或者提高排气温度的方法。

第五章

柴油机其他电控系统

一、废气涡轮增压系统

232. 什么是废气涡轮增压系统？

所谓增压就是将空气预先压缩然后再供入气缸，以期提高空气密度、增加进气量的一项技术。由于进气量增加，可相应地增加循环供油量，从而可以增加发动机的功率，同时还可以改善燃油经济性和排放性能。在柴油机上广泛使用的废气涡轮增压器是用于实现空气的增压并再供入气缸，以提高空气密度、增加进气量。

柴油机中进行增压，会使压缩压力上升，同时也会提高压缩时的空气温度，能够缩短柴油的着火延迟期，达到良好的燃烧状态。因此增压技术多在柴油机中使用。增压的方式很多，如废气涡轮增压、机械增压、气波增压、复合增压等。增压器中一般多使用涡轮增压器，这是由于采用废气涡轮增压，不仅能够充分利用废气能量，提高柴油机热效率，同时废气涡轮可以使排气背压提高，有利于降低排气噪声，也有利于废气中 CO 和 CH 在排气管内继续燃烧。

233. 废气涡轮增压器系统调节的目的是什么？

废气涡轮增压器的调节目的在于既保证在低速时有较高的转矩，又能保证发动机在标定点附近增压压力不致过高，以避免发动机过高的机械负荷和涡轮增压器的超速。通过涡轮增压器的调节，可改善增压器与发动机的匹配，从而达到改善车用增压发动机转矩特性的目的。不仅如此，采用可调增压器，还可改善发动机部分负荷性能和满足高原地区工作发动机功率的恢复。可调增压器采用电控技术，则可实现全工况范围内发动机与增压器的最佳匹配，从而达到发动机性能的全面优化。

轿车柴油机上的废气涡轮增压器系统采用的是可调增压器，这与载货汽车柴油机不一样。载货汽车柴油机一般采用固定截面的增压器，能实现发动机与增压器的良好匹配。虽然此时增压压力随转速降低而下降，但由于发动机的转速变化范围不大，一般在 2500r/min 以下，且强化程度不高，即使不采用增压器的调节措施，发动机与增压器仍能实现良好的匹配。

234. 常用废气涡轮增压系统由哪些部分组成？

常用废气涡轮增压系统主要由空气滤清器、涡轮增压器、中冷器等构件组成，如图 5-1 所示。

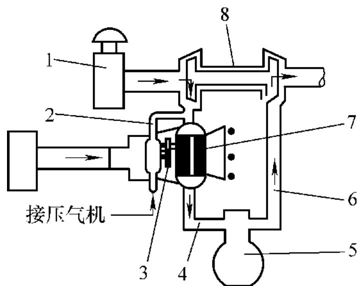


图 5-1　废气涡轮增压系统的组成
1—空气滤清器　2—抽气管　3—中冷器风扇
4—进气管　5—柴油机　6—排气管
7—中冷器　8—增压器

235. 空气滤清器的作用与类型是怎样的？

空气滤清器的作用是清除空气中的灰尘杂质，将干净的空气送入气缸内。空气滤清器在去除空气中的灰尘等异物的同时，也具有降低吸气噪声的作用。柴油机空气滤清器有滤纸式和离心式两种。

（1）滤纸式空气滤清器



滤纸式空气滤清器多用在小型柴油机中。为了提高滤纸过滤能力，滤纸一般做成褶皱状，来提高清洁效率。

（2）离心式空气滤清器

一般在大中型柴油机中使用，也称为旋风分离式滤纸空气滤清器。这种空气滤清器中设置有叶片，通过叶片的旋转作用使吸入的空气进行旋转，利用离心力作用使空气中的灰尘和杂质被分离出来，一部分细小的杂质通过过滤材料进行过滤，具有较高的清洁效率。

236. 废气涡轮增压器由哪些部分组成?

废气涡轮增压器主要由涡轮和压气机两部分组成，涡轮与压气机的叶轮安装在同一轴上，涡轮的进气口与柴油机的排气管相连，出气口与排气消声器相连，压气机的进气口前端装有空气滤清器，出气口则经中冷器与进气管相连，外形及结构如图5-2所示。涡轮部分的功用是利用废气能量产生驱动压气机的动力。压气机部分的功用是在废气涡轮驱动下，利用离心原理压缩即将进入气缸的空气。

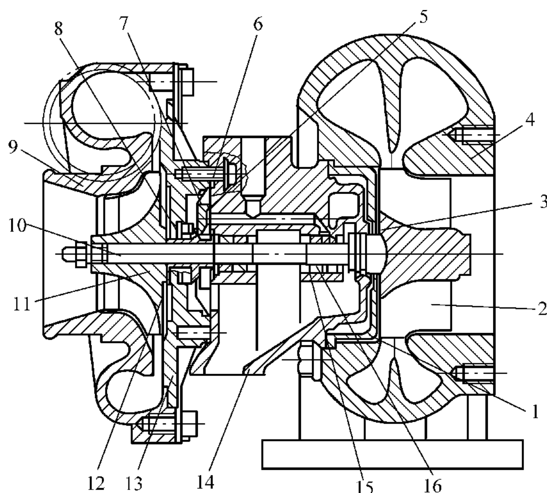


图5-2　废气涡轮增压器的结构

1—隔热板　2—涡轮　3—密封环　4—涡轮壳　5—推力轴承　6—O形密封圈　7—膜片弹簧　8—密封套　9—压气机壳　10—转子轴　11—压气机叶轮　12—密封环　13—压气机后盖板　14—中间壳　15—卡环　16—浮动轴承

237. 增压器的润滑与机油散热器是怎样的?

小型涡轮增压器一般与柴油机共用一个润滑系统。为了保证供给增压器清洁的机油，在通向增压器的润滑油管路上装有专门的机油滤清器。有时为了在冷起动时预先润滑轴承，以及在大负荷下柴油机突然熄火时仍有足够的机油供给增压器轴承润滑，防止增压器轴承因断油而烧坏，在通向增压器的机油管路中设有专门的蓄压式油罐供油系统。

废气涡轮增压器所需要的机油来自发动机的主油道，并通过精滤器再次滤清后，进入增压器的中间壳，经由下部的出油口流回发动机油底壳。为防止机油窜入涡轮和压气机叶轮，在转子轴两端安装有密封环和密封套。在中间壳和涡轮壳之间安装有隔热板，用于减少高温废气对机油的冲刷。

柴油机增压后本身热负荷较高，供给机油的热量也相应增加。同时机油通过增压器润滑和冷却轴承后温度也急剧增高。为了使机油不致过热，还应加装机油散热器，并最好同时采用抗高温氧化机油。

238. 涡轮增压空气中冷器的工作原理是怎样的？

涡轮增压柴油机中经过增压后的充气温度达 120～150℃，在增压比较高的柴油机增压系统中，一般都设置有增压空气中冷器，以提高进气密度，增加充气量，降低排气温度，改善柴油机热负荷和经济性。

中冷器工作原理如图 5-3 所示。

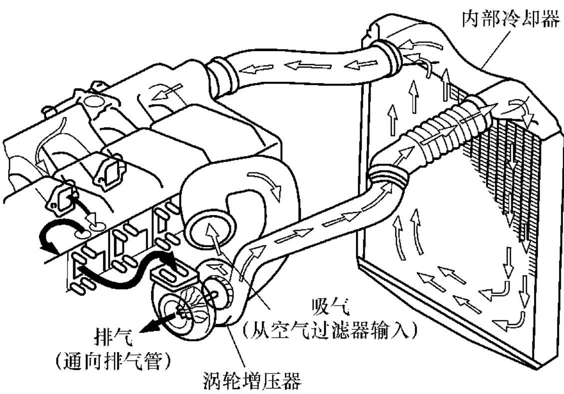


图 5-3　中冷器工作原理图

239. 中冷器的结构形式有几种？

中冷器一般有水冷式和空冷式两种结构形式，见表 5-1。中冷器实质上就是一种热交换器。增压空气中冷效果取决于热交换器的大小、冷却介质的温度以及冷却介质的流量等因素。

表 5-1　充气的冷却形式

冷却形式	类　　型
空冷式	1）由柴油机冷却用散热器前面安装的冷却器冷却 2）由与柴油机冷却无关的独立冷却器冷却
水冷式	1）用柴油机的冷却液，即所谓水套水冷却 2）用与水套无关、独立的冷却水系冷却（双循环式）

240. 水冷式中冷器的结构有几种？

水冷式中冷器的结构有单线式和加线式两种，如图 5-4 所示。在水冷却器中，冷却液通过热交换器的水管把增压空气的热量带走，达到冷却增压空气的目的。热水再通过散热器散热，在汽车上中冷器散热器多与柴油机散热器合用，此时需要加大柴油机散热器的尺寸以获得足够的散热效果。但柴油机冷却液的温度一般在 80～100℃之间，因此这种冷却增压空气的方式冷却效果较差，冷却后的增压空气温度在 90℃左右，往往不能满足散热要求。在汽车增压系统上，如果独立采用散热器散热系统，虽可以提高中冷效果，但结构趋于复杂。

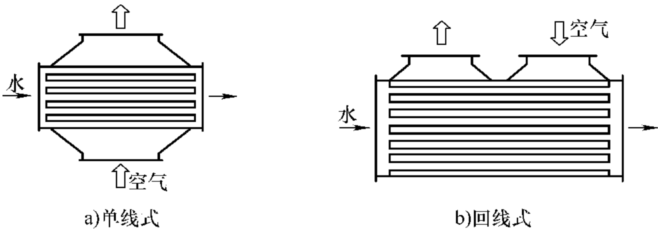


图 5-4　水冷式中冷器的结构



241. 空冷式中冷器的结构有几种？

空冷中冷器是利用外界空气直接带走增压空气的热量来达到冷却目的。冷却空气的流通分自然通和强制流通两种形式。目前大多采用强制流通形式，强制流通形式是利用柴油机冷却风扇，或者另外设置专门风扇来加强冷却空气流通的，如图5-5所示，这是强制流通方案中一种较新的结构形式。这种结构以增压空气作为动力源，一部分增压空气经取气管路，驱动中冷器系统中的空气涡轮风扇，使外界冷却空气流动加速，冷却空气通过热交换器把增压空气的热量带走。

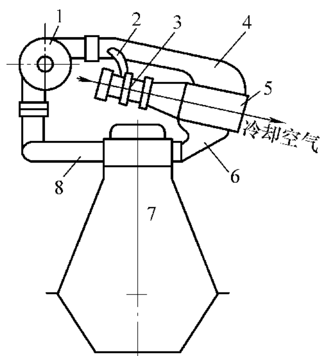


图5-5 空冷中冷器的结构
1—增压器 2—取气管 3—涡轮风扇 4—进气管 5—中冷器 6—进气歧管 7—柴油机 8—排气歧管

242. 废气涡轮增压器的结构与工作原理是怎样的？

废气涡轮增压器由涡轮机和压气机构成。将发动机排出的废气引入涡轮机，利用废气所包含的能量推动涡轮机叶轮旋转，并带动与其同轴安装的压气机叶轮工作，新鲜空气在压气机内增压后进入气缸，工作原理如图5-6所示。

柴油机工作时，由排气管排出的高温、高压废气流经增压器的涡轮壳，在废气进入涡轮壳时利用废气通道截面的变化来提高废气的流速，使调整后的废气按一定方向冲击涡轮，并带动压气机叶轮一起旋转。同时，经空气滤清器后的空气被吸入压气机壳，旋转的压气机叶轮将进入压气机壳的空气甩向叶轮边缘出气口，使空气的压力和流速升高，并利用压气机出气口处通道截面的变化进一步提高空气压力，增压后的空气经中冷器和进气管进入气缸。

涡轮叶轮直接接触排出气体，温度会达到很高，并且高速旋转，所以要求具有较好的耐热性和耐久性，因此选择耐热合金材料做成。但是，增压器在工作过程中，压缩机叶轮没有接触到高温，所以使用轻质合金或者树脂材料做成。

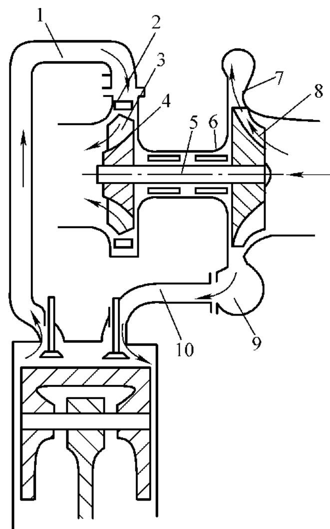


图5-6 涡轮增压器工作原理
1—排气管 2—喷嘴环 3—涡轮 4—涡轮壳 5—转子轴 6—轴承 7—增压器 8—压气机叶轮 9—压气机壳 10—进气管

243. 增压器是怎样控制增压的？

车用增压柴油机的主要任务是柴油机在低转速时获得高的转矩储备，而不是追求额定转速下的最大功率速输出。为此就必须低转速下最大转矩工况点匹配在压气机的高效率区，同时选用流通面积小一些的涡轮或减小喷嘴环出口有效面积，以达到柴油机在低转速时获得足够高的增压压力、提高低速时转矩的目的。但这将使柴油机在高速大负荷时，增压压力过高并可能出现增压器超速。为此，通常采用一种由增压空气压力所控制的排气放气阀装置来控制增压压力。通过调节排气放气阀弹簧的预紧力，使增压器转速、增压压力以及最高爆发力都控制在一定的水平上，排气放气阀控制系统能使涡轮有采用较小的流通

面积的可能，或有可能减小喷嘴环的出口面积。这样柴油机在低速时可获得足够的增压压力和大的转矩储备，而在柴油机调整大负荷时又不至于产生过高的增压压力和增压器超速现象。

244. 废气涡轮增压器的类型有几种?

废气涡轮增压器的类型主要有：普通自由浮动增压器、旁通式涡轮增压器和可变喷嘴涡轮增压器三种。

245. 什么是普通自由浮动增压器?

增压发动机在大负荷、高转速运转时，具有输出功率大、经济性好的特点，但车用发动机经常在低速大转矩的工况下运行，需要较高的转矩储备系数。而普通增压柴油机的转矩特性较平坦，随增压度的提高，其转矩特性变差，不能满足车辆的要求。涡轮增压发动机在宽广的转速范围内运行，而固定流通截面的高压比涡轮增压器在发动机低速时，其压比将明显下降，不能和发动机在整个运转工况保持良好的匹配。

246. 什么是旁通式涡轮增压器?

增压器按低速大转矩工况匹配，在高转速工况时，利用放气阀旁通一部分废气的涡轮增压器叫做旁通涡轮增压器。它的工作原理是：柴油机在高速高负荷运转时，排气量大，因而排气能量也大，会导致涡轮增压器的转速高，增压后压力也高。柴油机在低速小负荷运转时，废气流量也不大，会出现增压压力低。发动机转矩增量过小的缺点。为改善这种状况，一般采用放气阀，在涡轮前放走一部分废气。涡轮前的放气阀由增压压力自动控制，当发动机转速超过一定大小时，增压压力会克服弹簧阻力使旁通阀打开开始放气。

该方法由于放气阀的开启，会造成较大的损失，使发动机高速时的经济性变差。不适于高速大功率工况较多的发动机。图 5-7 所示为旁通式涡轮增压器工作原理图。

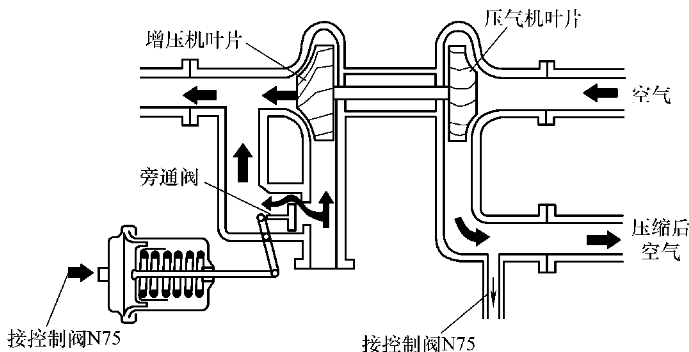


图 5-7　旁通式涡轮增压器工作原理图

247. 什么是可变截面涡流增压器?

可变截面涡流增压器通过改变涡轮的流通截面来实现与柴油机在各个车速工况下的最佳匹配。所有的工况点与发动机都有良好的匹配，使发动机的性能都能达到最佳。

奥迪 A6 电控柴油机可变截面涡轮增压器如图 5-8 所示，其结构如图 5-9 所示。工作原



理：控制连杆通过控制连杆定位销带动调整环转动，通过导向销、轴带动叶片旋转，当叶片位置转动时，涡轮的流通截面相应改变。流通截面越小，废气的流速越大，同时涡轮的输出功率越大，增压比相应越高。当发动机处于不需要高增压比的工况时，叶片处于另外的极限位置，废气的流动损失也减小。

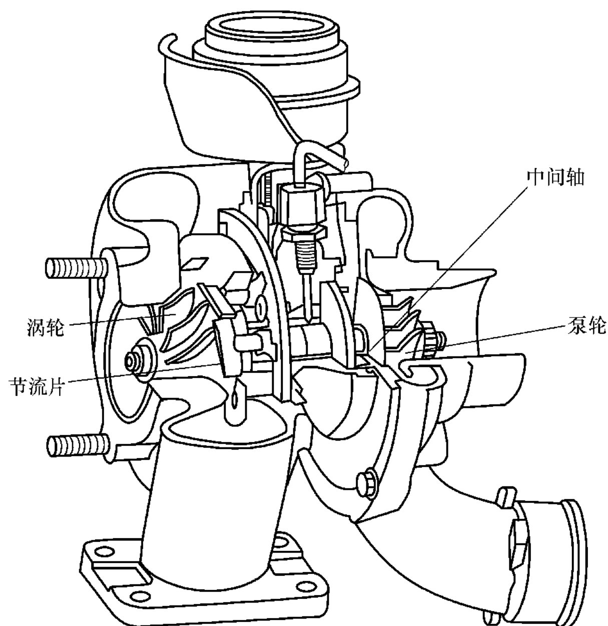


图 5-8　奥迪 A6 电控柴油机可变截面涡轮增压器

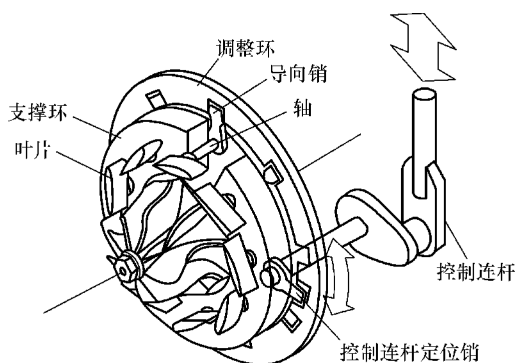


图 5-9　可变截面涡轮增压器结构

248. 轿车与货车用的废气涡轮增压器有什么区别？

轿车柴油机使用可调增压器，与载货汽车柴油机完全不一样。载货车柴油机一般采用固定截面增压器，能实现与发动机的良好匹配。

1）因为载货汽车柴油机转速变化范围不大，一般在 2500r/min 以下，并且强化程度不高，不采用增压器调节方法也能与发动机良好匹配。废气涡轮增压器调节的目的在于保证在低速时有较高的转矩输出，而又能保证发动机在标定点附近增压压力不致过高，以避免发动机过高的机械负荷和增压器超速。可调增压器采用电控技术，可实现全工况范围内发动机与增压器的最佳匹配，使发动机性能达到全面优化。

2）可变截面涡轮增压器（VGT）主要用于轿车柴油机上，因为轿车柴油机转速变化范围宽（最高达 5000r/min），因此要求增压器在宽广的工况范围内有良好的流通特性和较高的效率。

249. 可变喷嘴涡轮增压器的结构与工作原理是怎样的？

重型载货柴油汽车连续反馈可变喷嘴截面涡轮增压器（VNT）由日本日产发动机公司与美国 Allied Signal 和 Garrett Automotive Group 公司共同研制和开发，其系统结构如图 5-10 所示，控制系统如图 5-11 所示。

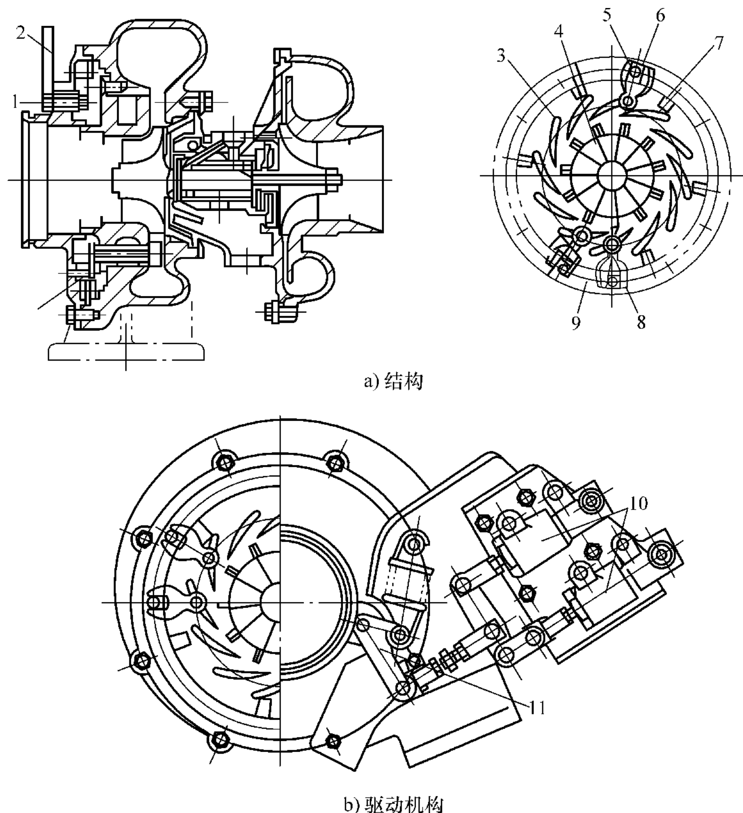


图 5-10　可变喷嘴截面涡轮增压器系统结构

1—限位块　2、11—操纵杆　3—喷嘴叶片　4—涡轮叶片　5—驱动杆　6—滑块　7—限位块　8—拨叉　9—转动环　10—压缩空气气缸

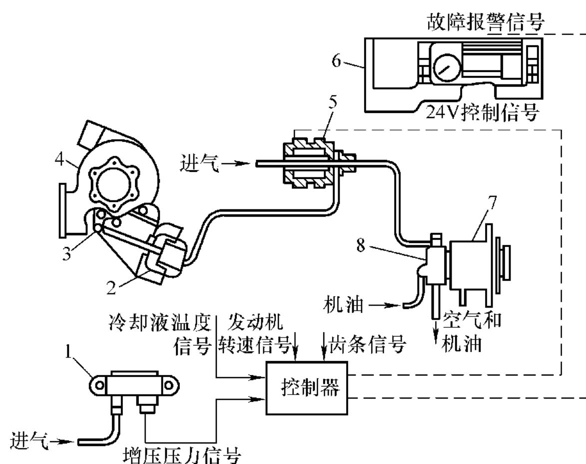


图 5-11　可变喷嘴截面涡轮增压器控制系统

1—增压压力传感器　2—喷嘴叶片执行器　3—曲柄　4—增压器　5—PCM 阀　6—仪表　7—发电机　8—真空泵



工作原理：该可变喷嘴涡轮增压器喷嘴叶片可以绕中心位置的销轴转动，叶片与销轴焊接在一起，销轴的另一端与拨叉相连。喷嘴叶片通过操纵杆、驱动杆和转动环拨动拨叉，以改变其位置。操纵杆由 2 个气缸控制（现已改为由膜片气缸驱动）。早期的 2 个气缸驱动机构，因每个气缸有 2 个工作位置，所以 2 个气缸有 4 个工作位置，可实现喷嘴的四级调节。采用膜片气缸驱动后，可连续无级调节可变喷嘴截面。膜片式气缸是一个负压驱动机构，负压由压力控制阀（PCM）控制，PCM 阀根据控制器的控制信号而开闭，通过改变 PCM 阀的开闭时间比（即占空比）来调节由真空泵产生的负压大小。

真空泵安装在发电机的后端，作为驱动可变喷嘴的动力源。

250. 2 级涡轮增压器的结构是怎样的?

现以宝马 5 系 535d 配置的 M57TU TOP 发动机为例，介绍 2 级涡轮增压器的结构。

宝马 5 系 535d 配置的 M57TU TOP 发动机采用 2 级涡轮增压器，它主要由小涡轮增压器、大涡轮增压器、涡轮机调节翻板、空气压缩机旁路翻板和减压阀等组成，如图 5-12 所示。2 级涡轮增压器有两个涡轮，一个小涡轮和一个大涡轮增压器。采用 2 级增压，发动机低速时转矩大，加油反应快，高速时输出功率大。在 1 档、2 档和倒档时，为防止轮胎打滑，转矩限制在 500N · m。

整个系统的增压压力最大达 285kPa，小涡轮的转速最大可达 230000r/min，大涡轮最大转速可达 170000r/min。M57TU TOP 发动机使用截面积较大的喷嘴，燃油雾化好。该车配备排气后处理装置 DPF，以减少废气排放污染，发动机的排放可达欧Ⅳ标准。

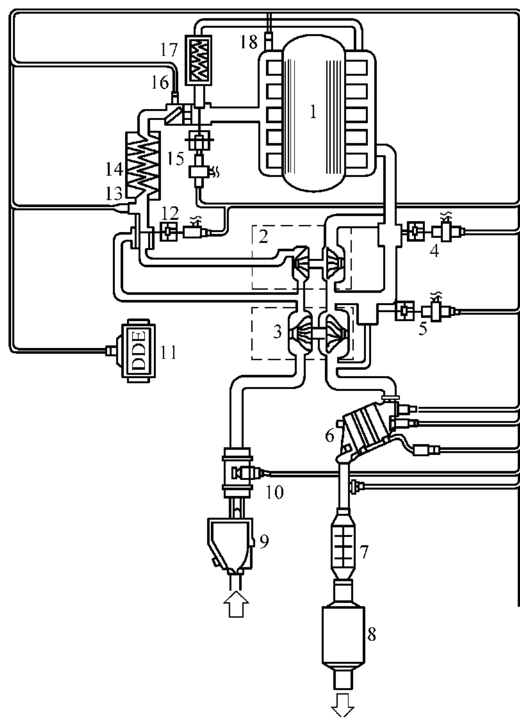


图 5-12　2 级涡轮增压器结构示意图

1—发动机　2—小涡轮增压器　3—大涡轮增压器　4—涡轮调节翻板　5—减压阀门　6—催化转化器　7—DPF 微粒过滤器　8—后消声器　9—进气消声器　10—空气流量计　11—电控单元（数字式 DDE）　12—空气压缩机旁路翻板　13—增压空气温度传感器　14—增压空气冷却器　15—废气回流阀　16—电动节气门调节器　17—EGR 冷却器　18—PCM 阀

251. 2 级涡轮增压器的工作原理是怎样的?

2 级涡轮增压器工作原理大致可分为：发动机在低负荷低转速（1500r/min）时，在中等负荷、转速为 1500 ~ 3250r/min 时，在中等负荷、转速为 3250 ~ 4200r/min 时，和在高负荷、高转速超过 4200r/min 时的四个阶段。

1）发动机在低负荷低转速（1500r/min）时，如图 5-13 所示。涡轮机调节翻板关闭。废气先驱动小涡轮，后驱动大涡轮。在进气管，大涡轮首先压缩空气，并且空压机旁路翻板关闭，然后是小涡轮压缩空气。小涡轮担负了大部分压缩空气的工作，因此获得良好的加速性能。

2）在中等负荷、转速为 1500 ~ 3250r/min 时，如图 5-14 所示，随转速的升高，大涡轮增压器作用增强。在 2000r/min 时，发动机转矩达 560N · m。涡轮机调节翻板部分开启及分配两个涡轮的废气流，同时增强进气压力。

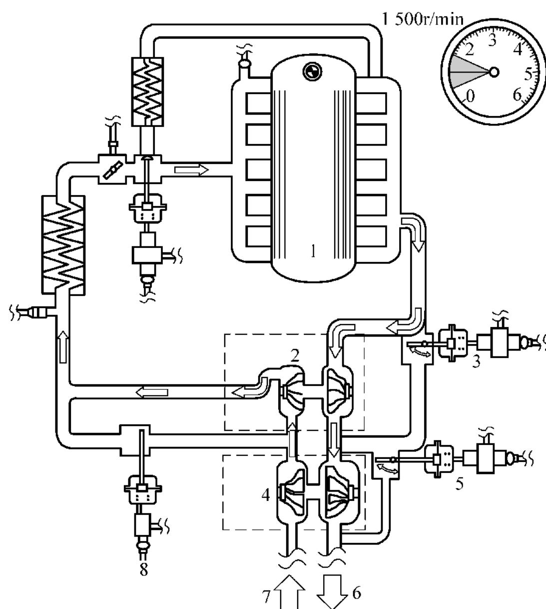


图 5-13　低负荷低转速（1500r/min）时工作原理
1—发动机　2—小涡轮增压器　3—涡轮机调节翻板
4—大涡轮增压器　5—减压阀　6—废气　7—新鲜空气
8—空压机旁路翻板

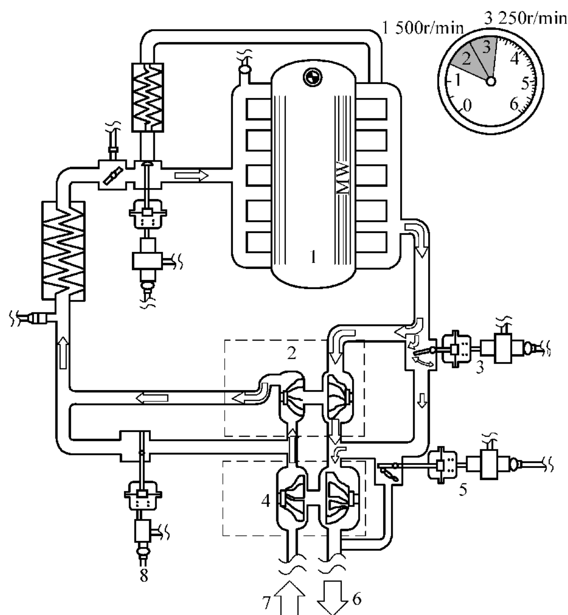


图 5-14　在中等负荷、转速为 1500 ~ 3250r/min 时工作原理
1—发动机　2—小涡轮增压器　3—涡轮机调节翻板
4—大涡轮增压器　5—减压阀　6—废气　7—新鲜空气
8—空压机旁路翻板

3）在中等负荷、转速为 3250 ~ 4200r/min 时，如图 5-15 所示，涡轮机调节翻板完全打开，大量的废气推动大涡轮，增强进气压力和增加进气量，空压机旁路翻板完全打开，新鲜空气可以不经小涡轮，而小涡轮也不妨碍气流运行，压缩工作仅由大涡轮担负。

在高负荷、高转速超过 4200r/min 时，如图 5-16 所示，为防止进气压力过高，减压阀开始打开，部分废气不经大涡轮而排出车外。



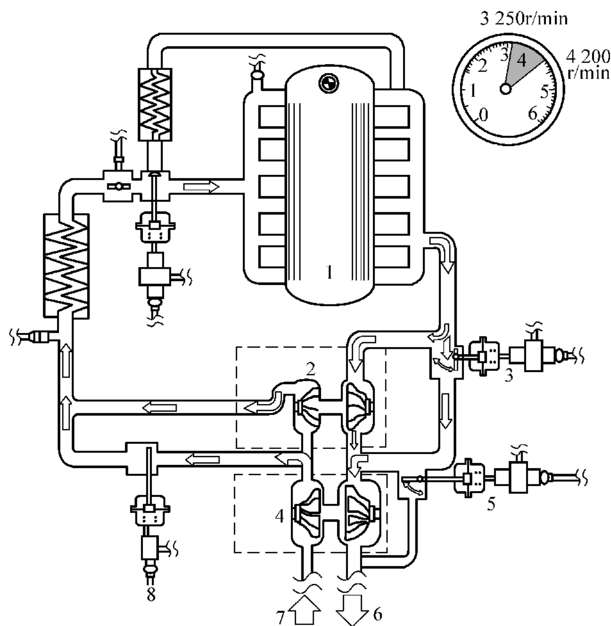


图 5-15　在中等负荷、转速为 3250 ~ 4200r/min 时工作原理

1—发动机　2—小涡轮增压器　3—涡轮机调节翻板　4—大涡轮增压器　5—减压阀　6—废气　7—新鲜空气　8—空压机旁路翻板

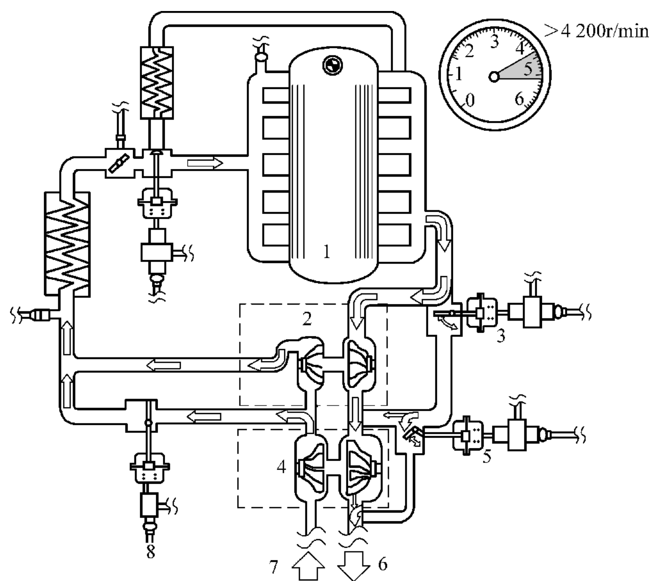


图 5-16　在高负荷、高转速超过 4200r/min 时工作原理

1—发动机　2—小涡轮增压器　3—涡轮机调节翻板　4—大涡轮增压器　5—减压阀　6—废气　7—新鲜空气　8—空压机旁路翻板

二、进气翻板控制

252. 电控柴油机的进气翻板控制装置有什么作用？

柴油机转速范围宽广，传统的进气系统是按照满足调整时大的进气流量，小的进气阻力的要求而设计的。因此，在低转速小流量时，会使进气流速过低而造成进气气流惯性减小，进气充量减少，进气涡流强度减弱，影响低速性能。所以，传统的进气系统很难兼顾高低转速工况性能的要求，而机械式的控制又很难满足瞬态变化的要求。此外，装有废气再循环装置的柴油机，在低速工况下，若没有进气节流装置，会因进气管压力较高（真空度较小）而导致废气再循环系统无法正常工作。因此，现代电控柴油机车上，根据柴油机的不同工况的需要，利用进气管进气节流控制系统实现对进气量和进气管压力的调节，一方面要保证混合气质量分数符合不同负荷时的要求，另一方面也可保证低转速时能够正常进行废气再循环。

发动机低转速下、低负荷下，进气歧管内压力下降不足，无法保证废气再循环系统的功能。因此，用进气歧管翻板控制装置关闭节气门，以增加发动机起动时及发动机在部分负荷条件下运行时的进气歧管内压力降，改善 EGR 系统的功能，不会影响废气再循环系统的功能。

253. 电控柴油机的进气管节流方法有几种？

电控柴油机的进气管节流方法有：一般直流电动机型进气节流控制系统和电控气动型进气节流控制系统两种。

柴油机进气节流控制的方法就是在进气道中安装一个油门，并由电控执行元件根据 ECU 的指令控制油门的开度，以控制进气量和进气管压力。进气管节流控制系统一般只在低速小负荷工况时才工作，油门的开度一般利用直流电动机或电控气动装置来实现控制。

254. 直流电动机型进气节流控制系统结构与工作原理是怎样的？

直流电动机型进进气节流控制系统如图 5-17 所示。ECU 根据加速踏板位置传感器和柴油机转速传感器信号，通过直流电动机直接开启或关闭油门。一汽大众捷达轿车电控柴油机即采用此类型进气节流控制系统，结构如图 5-17 所示，控制原理如图 5-18 所示。

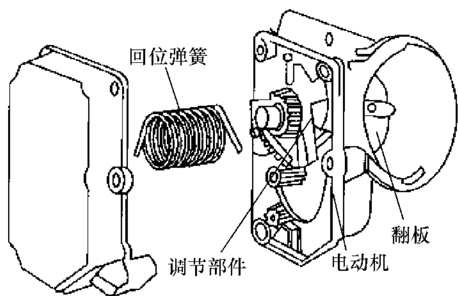


图 5-17　直流电动机型进气节流控制系统结构

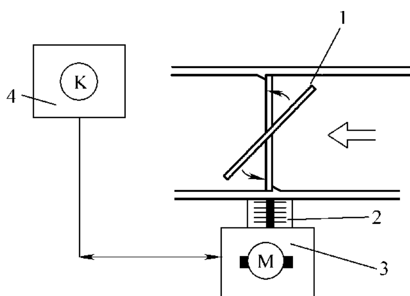


图 5-18　进气节流控制系统控制原理
1—翻板　2—弹簧　3—电动机　4—调节部件

255. 电控气动型进气节流控制系统的结构与工作原理是怎样的？

电控气动型进气节流控制系统，如图 5-19 所示。通常情况下，进气控制电磁阀不通电，



真空膜片气室的真空通道被电磁阀关闭，油门处于开启状态。当进气控制电磁阀通电时，电磁阀开启真空膜片气室的真空通道，真空膜片气室通过拉杆驱动油门关闭。一汽大众公司宝来轿车电控柴油机即采用此类型进气节流控制系统，油门只在柴油机熄火时关闭约3s，然后再开启，目的是停止空气供给，使柴油机熄火更柔和。

在宝来轿车上，该装置的作用是：发动机熄火时，进气歧管翻板要关闭大约3s，然后再次打开，目的是减缓发动机熄火时产生的振动。

256. 涡轮增压柴油机的电控进气管节流控制系统是怎样的？

涡轮增压柴油机的电控进气管节流控制系统，如图5-20所示。在分隔成两半的进气总管中，各设有一个节流阀，即主阀和副阀。主阀由加速踏板直接驱动，而副阀则由一真空弹簧膜片阀驱动。分别与真空弹簧膜片阀两侧相通的两个真空开关阀按ECU的指令改变真空回路，在真空弹簧膜片阀的驱动下，使副阀处于全开、半开或全闭的位置，使副阀的开度得到控制。

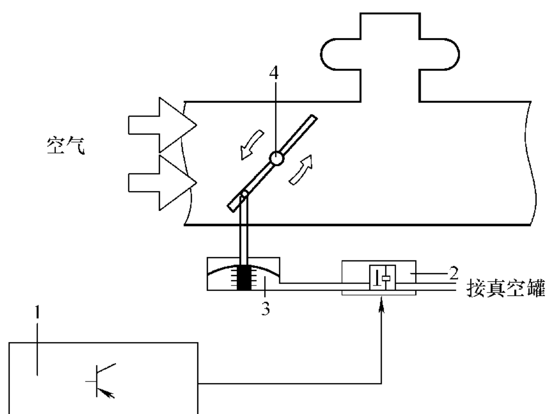


图5-19 电控气动型进气节流控制系统
1—ECU 2—进气控制电磁阀
3—真空膜片气室 4—油门

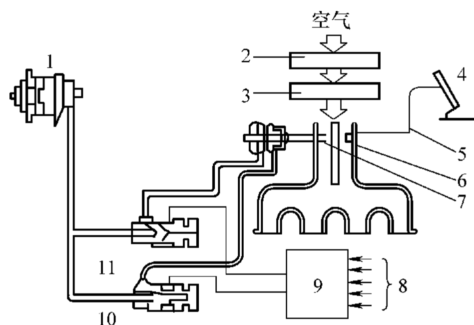


图5-20 涡轮增压柴油机的电控进气管节流控制系统
1—真空泵 2—空气滤清器 3—涡轮增压器
4—加速踏板 5—电缆 6—主阀 7—副阀
8—各种传感器 9—ECU 10—真空开关阀2
11—真空开关阀1

在低速或怠速工况下，主阀关闭或开度很小，而受到ECU控制的副阀开度，除了可使处于小流量状态下的进气流速增大、气流惯性增大、充量增多、涡流强度增强、为怠速或低速工况下获得较好的工作环境外，还因为进气管中节流所产生的真空度可使气缸压力下降，而有效降低怠速或低速时的噪声和振动。此外，当燃油系统突发故障，造成柴油机转速突然增高时，除了将加速踏板松开、使主阀关闭外，ECU得到来自柴油机转速传感器的超速信号后，也会迅速关闭副阀，防止柴油机飞车。

257. 自然吸气柴油机的电控进气管节流控制系统是怎样的？

自然吸气柴油机的电控进气管节流控制系统，如图5-21所示。ECU根据柴油机转速和负荷信号。控制压缩空气罐电磁阀的开启和关闭，进而控制气缸动作，开启或关闭进气控制阀。负荷较大时，进气控制阀关闭，惯性增压效果好，进气量增加。负荷减小时，进气控制

阀开启，惯性增压效果差，进气量减少，可达到节能的效果。

三、可变气门驱动系统

258. 可变气门驱动系统有什么作用？

汽车发动机采用可变气门驱动系统，可使气门开启及关闭时间、气门升程随发动机工况变化，改善怠速稳定性，增加低速下外特性转矩，改善部分负荷燃油经济性和降低有害排放。可变气门驱动机构，用于批量生产的汽车发动机上，取代传统的凸轮轴气门驱动机构。

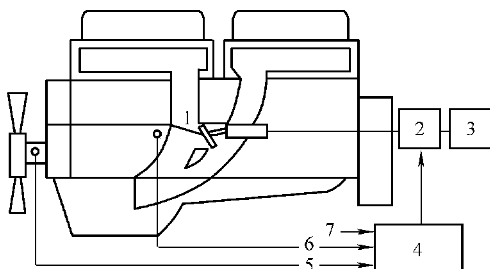


图 5- 21　自然吸气柴油机的电控进气管节流控制系统

1—进气控制阀　2—电磁阀　3—空气罐　4—ECU　5—转速信号　6—负荷信号　7—电源

气门驱动控制系统正是基于以上考虑，提出通过对柴油机启闭定时、持续时间和升程等参数进行独立调节，以满足柴油机多工况下对配气系统的要求。与固定配气相位相比，可变气门驱动技术可实时调节柴油机进、排气参数，较好地满足柴油机高转速与低转速、大负荷与小负荷时的动力性、经济性以及排放性能的要求，从总体上提高柴油机的性能。

259. 气门驱动系统按驱动方式分类可分为几种？

目前，气门驱动系统按方式不同可分为凸轮驱动系统和无凸轮驱动系统两大类。凸轮驱动可变配气正时系统，结构相对简单、可靠，在汽车上已有很多应用。无凸轮驱动可变气门系统是近年来研究的新领域，其结构相对复杂，目前只在大型低速柴油机上应用。气门驱动控制系统对柴油机和汽油机均可使用。

凸轮轴式的可变气门机构往往在凸轮、凸轮轴和传动元件上做些改进和变化。例如采用多维凸轮、双凸轮、可变凸轮相位、可变摇臂及可变挺杆等。这种可变气门机构所提供的气门定时变化范围不大，可用于改善发动机转矩特性等场合。

无凸轮轴的直接气门控制式的驱动机构，取消了发动机中传统气门机构中的凸轮轴及其从动机构，而以电磁、电液、电气或其他驱动方式驱动气门。采用无凸轮轴直接气门驱动方式，除了和其他可变气门机构一样，能使发动机在燃油经济性、动力性和降低排放等方面得到改善。

260. 无凸轮轴的直接气门控制系统独有优点有哪些？

无凸轮轴的直接气门控制系统独有优点如下：

1）能灵活单独地控制排气门开启与闭合定时中的任一定时和气门开启延续时间，使发动机每一工况的这些参数都符合最佳性能要求。有凸轮轴的可变气门正时机构实现的气门定时和气门开启延续时间，一般只能按驱动机构的运动学关系同时变化，而不能独立变化。因此，采用无凸轮轴气门驱动机构，在改善发动机性能方面可获得更好的效果。

2）简化了发动机的结构，降低了发动机的加工成本和重量。气门可根据燃烧室的型式来布置，不必布置在与凸轮轴中心线垂直的平面上。气门布置的灵活性，可能导致设计出新的更有利于发动机工作的燃烧室形式。



3）每个气门单独驱动，因此容易实现部分气缸停止工作，使发动机处于较低燃油消耗率的工作状态，降低使用油耗。

4）可通过实现改变进气晚关角来改变多种燃料发动机的有效压缩比，以适应不同燃料的要求。

261. 德国大众公司可变进气相位控制系统结构是怎样的?

大众公司可变进气相位控制系统作用是根据柴油机运行工况的变化，使进气凸轮轴相对曲轴转动，来实现对进气相位的控制。

大众公司可变进气相位控制机构如图5-22所示。柴油机每列气缸的气缸盖上，排气凸轮轴安装在外侧，进气凸轮轴安装在内侧。曲轴通过同步带驱动排气凸轮轴，排气凸轮轴通过链驱动进气凸轮轴。柴油机工作时，ECU根据柴油机转速信号控制正时电磁阀动作，以此改变通向液压缸的油路，而液压缸则带动正时调节器向上或向下移动。当正时调节器向上或向下移动时，进气凸轮轴与排气凸轮轴间传动链紧边的位置随之改变。由于排气凸轮轴与曲轴间采用同步带传动，排气门的配气相位不变，所以进气凸轮轴与排气凸轮轴间传动链紧边的变化，会改变进气凸轮轴与曲轴间的相对位置，从而调节进气门的配气相位。柴油机转速较低时，进气相位提前；柴油机转速较高时，进气相位推迟。

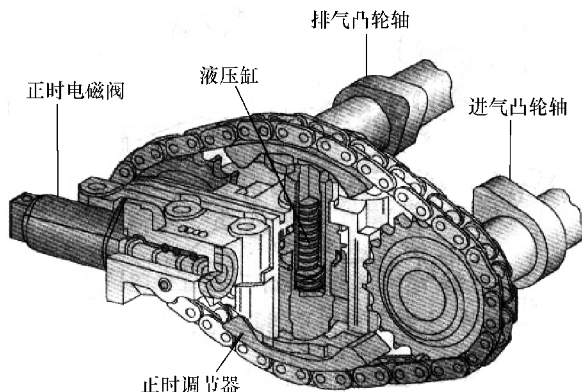


图5-22　大众公司可变进气相位控制系统

262. 日本本田公司VTEC系统结构是怎样的?

本田公司VTEC（可变配气正时及气门升程电子控制机构）的作用是根据柴油机运行工况的变化，通过变换驱动进气门工作的凸轮，来实现对进气相位及进气门升程的控制，并完成单进气门工作和双进气门工作的切换。

本田公司VTEC的组成如图5-23所示。同一缸的两个进气门有主、次之分，即主进气门和次进气门。每个进气门通过单独的摇臂驱动，驱动主进气门的摇臂称为主摇臂，驱动次进气门的摇臂称为次摇臂，在主摇臂和次摇臂之间装有一个中间摇臂，中间摇臂不与任何气门直接接触，3个摇臂并列在一起组成进气摇臂总成。凸轮轴上相应有3个不同升程的凸轮分别驱动主摇臂、中间摇臂和次摇臂，凸轮轴上的凸轮也相应分为主凸轮、中间凸轮和次凸轮。在凸轮轴形状设计上，中间凸轮的升程最大，次凸轮的升程最小，主凸轮的形状适合柴油机低速时主进气门单独工作时的配气相位要求，中间凸轮的形状适合柴油机高速时主、次双进气门工作时的配气相位要求。正时片是在正时

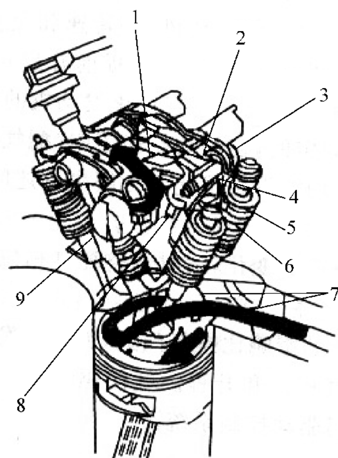


图5-23　本田公司VTEC的组成
1—正时片　2—中间摇臂　3—次摇臂　4—同步活塞B　5—同步活塞A　6—正时活塞　7—进气门　8—主摇臂　9—凸轮轴

活塞处于初始位置和工作位置时，靠复位弹簧使其插入正时活塞相应的槽中，使正时活塞定位。

263. 可变摇臂机构的结构是怎样的？

通过改变摇臂比而改变气门升程的可变气门驱动机构，如图 5-24 所示。这种机构通过改变摇臂铰接点的位置来改变摇臂比，仅可改变气门升程，而不能改变气门正时和开启持续时间。

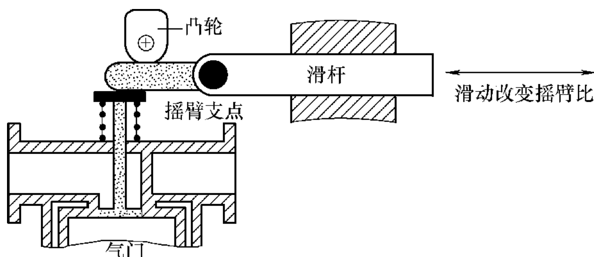


图 5-24　可变摇臂机构的结构

264. 可变液压顶杆机构是怎样的？

可变液压顶杆机构通过改变液压顶杆的容积来改变气门的正时和行程的，有机械控制式和电子控制式两种。图 5-25 为 HYUNDAI/SIEMENS 公司的电控可变气门正时系统的示意图。这种机构已经在 HYUNDAL2. 0L DOHC 柴油机上应用。该机构包括一个凸轮从动件、一个与一定容积的油腔连在一起的驱动器和一个由计算机控制的大流量电磁阀。油腔容积的改变使气门升程和正时在凸轮线型决定的轮廓线内变化。由于保留了凸轮，其调节范围仍受到凸轮线型的限制，其气门升程曲线只能在原凸轮驱动的气门升程曲线轮廓线内。

265. 无凸轮驱动可变气门系统类型有哪些？

无凸轮驱动可变气门系统取消了凸轮，由电磁驱动或液压驱动。系统设有 ECU，以检测柴油机的工况，接受、处理传感器的信号并根据 MAP 图发出控制信号，控制气门的开启与关闭。由于系统调节不受凸轮线型的制约，气门参数调节更加灵活。

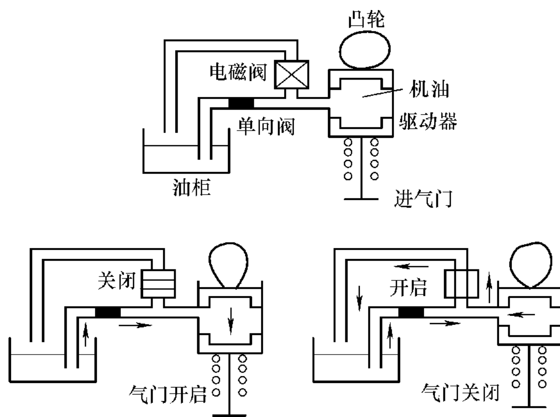


图 5-25　HYUNDAI/SIEMENS 公司的电控可变气门正时系统的示意图

无凸轮的气门驱动控制系统的类型有：利用电磁线圈直接控制气门的电磁式气门驱动系统、利用电控液压装置驱动气门的电液式气门驱动系统等。还有气动气门机构，其原理与电液式气门驱动机构相似，只是将工作介质换为压缩空气，另外还有电动机—凸轮驱动机构等其他一些驱动方式。

电磁气门驱动是利用电磁铁产生的电磁力驱动气门。

电液气门驱动是将气门与一个液压活塞相连接。

266. 电磁铁驱动可变气门系统的结构与工作原理是怎样的？

这种系统由电磁线圈直接驱动气门，通过改变线圈的通电和断电时刻控制气门的开启始点和开启持续时间。气门动作调节灵活，响应迅速，调节能力强。如图 5-26 所示为 GM 公



司推出的电磁铁直接控制的可变气门正时系统的原理。永久磁铁提供的锁紧力使气门锁定在全开或关闭位置；通过励磁线圈使气隙磁通减小而使气门开始运动，气门运动的动力由弹簧提供；通过改变线圈的通电和断电的时刻控制气门的开启始点和开启持续期。这种系统取消了凸轮，气门开启和关闭点较自由；开启和关闭动作迅速。气门行程为8mm，开启时间为9ms，关闭时间为6ms，但气门的冲击与噪声较大，磨损较快；为了防止线圈过热，需要另外的冷却和润滑机构。

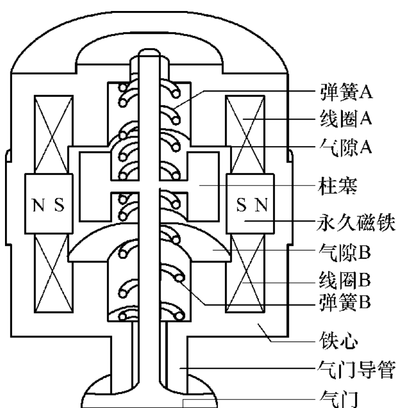


图5-26　GM公司电磁铁直接控制的可变气门系统

267. 电动机直接控制凸轮的可变气门驱动系统的结构与工作原理是怎样的？

这种系统虽有凸轮，但已不再是传统意义上的凸轮，GM公司研发的电动机驱动凸轮的可变气门系统示意图如图5-27所示。这种系统中，每一个气门都由一套永磁无刷直流电动机带动凸轮驱动气门，通过增大或减小电动机的角速度来改变气门开启和关闭的动作时间，通过使凸轮在气门开启或关闭点附近摆动来实现部分升程的运行。该机构样机台架试验转速达3225r/min，相对应柴油机转速为6450r/min。它适应的转速范围很高，在可变定时和部分升程运行方面具有较好的灵活性，但将柴油机的运转过程与电动机协调一致比较困难；在控制过程中频繁改变电动机的转速和转向，控制相当复杂；在高转速下，消耗的电功率太大；气门落座速度较快。

268. 液压驱动可变气门系统有几种？

液压驱动可变气门系统有电控无弹簧双作用和电控弹簧作用液压活塞可变气门驱动系统二种。

269. 电控无弹簧双作用液压活塞可变气门驱动系统的结构与工作原理是怎样的？

电控无弹簧双作用液压活塞可变气门驱动系统。这种系统取消了凸轮及复位弹簧。如图5-28所示为福特公司的电控无弹簧双作用液压活塞可变气门驱动系统的原理图。该系统有高压和低压油源各一个，气门顶部装有一个双作用的液压活塞，活塞上部油腔分别与高压

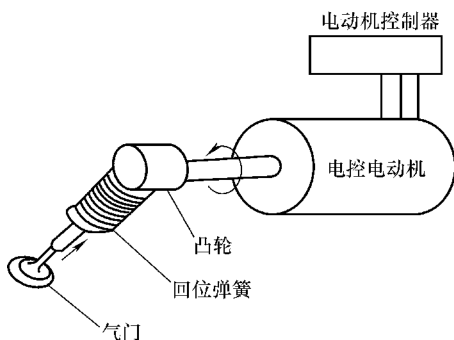


图5-27　GM公司电动机驱动凸轮的可变气门系统

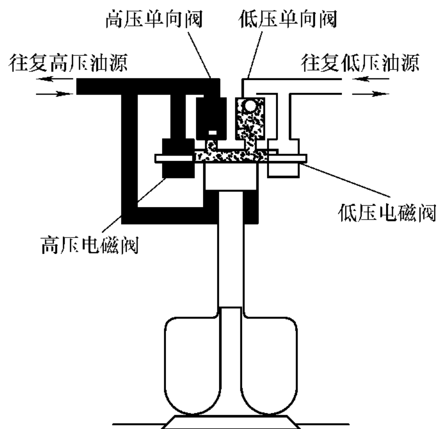


图5-28　福特公司电控无弹簧双作用液压活塞可变气门驱动系统原理图

和低压油源相通；活塞下部油腔始终与高压油源连通。活塞上部的面积明显大于下腔的面积。高压电磁阀在气门开启的加速过程中开启，减速过程中关闭。低压电磁阀的开启和关闭控制气门的关闭过程。系统还包括一个高压单向阀和一个低压单向阀，以保证气门在开启到最大行程时活塞上部压力不会太低，气门在落座之前活塞上部油腔压力不至于太高。

270. 电控弹簧单作用液压活塞可变气门驱动系统的结构与工作原理是怎样的？

电控弹簧单作用液压活塞可变气门驱动系统。这种系统也取消了凸轮轴，保留了气门复位弹簧。图5-29所示为Lucas公司电控弹簧单作用液压活塞可变气门驱动系统。系统由一个动断型和一个动合型两位两通电磁阀，共同作用，控制气门的开启和关闭；通过复位弹簧回位；液压系统的压力为10～35MPa。这种系统中，气门的开启和关闭点以及气门的开启速度和气门升程由ECU控制。ECU能根据柴油机转速和负荷等信息化柴油机性能。该系统能实现气门正时、气门升程以及气门开启速度的灵活调节。

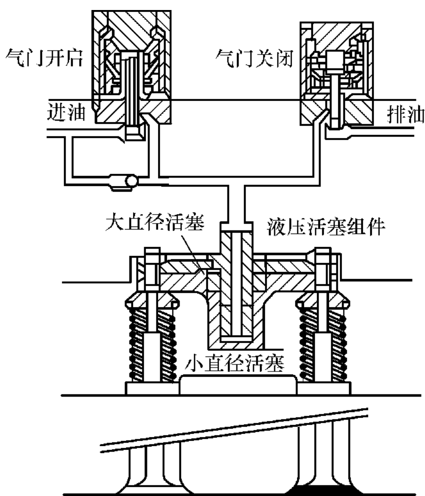


图5-29　Lucas公司电控弹簧单作用液压活塞可变气门驱动系统原理图

四、可变进气涡流控制系统

271. 可变进气涡流控制有什么作用？

直喷柴油机在大负荷运转工况时，发动机的循环供油量大，喷油压力高，燃油雾化好，需要的进气量大，要求进气流动损失小，进气涡流可以弱一些。而在中低负荷运转工况时，循环供油量小，燃油喷射压力低，燃油雾化差，需要的进气量少，所以要求有较强的进气涡流，以促进燃油雾化后与空气的混合，改善柴油的燃烧过程，提高燃烧效率。

为弥补螺旋进气道设计的不足，需要对进气涡流进行可变控制。可变进气涡流控制系统的运用不但要使发动机产生进气涡流，而且要使涡流的强度随不同的发动机工况可调。

272. 可变进气涡流控制系统的控制方法有几种？

现代柴油机的进气涡流控制系统，利用电控装置来改变进气道结构或干扰进气道中的气流运动，实现进气涡流控制。

进气涡流的控制方法有许多种，但无论采用哪一种方法，都应保证在不降低进气流量的前提下，能在较大范围内调节进气涡流强度，并尽量减少对进气系统结构的改变。

可变进气涡流控制系统的控制方法主要有：双气道式、导气屏式、副气道方式、可调涡流式、带涡流控制阀的螺旋气道和喷孔式等几种。

273. 什么是双气道式可变涡流进气系统？

双气道式可变涡流进气系统是在原进气道的基础上，设置了一个可以降低涡流的副气道。副气道在转换阀的控制下，从主气道上方以一定的角度把进气引入主气道。该可变涡流进气系统只能用于原来涡流较强的进气系统，降低涡流强度。由于副气道的角度要求非常严



格，使进气系统结构改动大，加工工艺非常复杂。

双气道式进气涡流控制装置的结构如图 5-30 所示，设有主副两个进气道，副气道以一定的角度与主进气道相连，主进气道能够产生低速时所需强进气涡流，副进气道用于控制主进气道的进气涡流。当柴油机低速运转时，利用转化阀关闭副进气道，利用主进气道产生强大的主涡流。而当柴油机高速运转时，利用转换阀开启副进气道，主副两个进气道同时进气，既能保证较高充气效率，又能利用副进气道产生的反向涡流降低主进气道进气涡流的强度。

274. 什么是导气屏式可变涡流进气系统？

导气屏是使进气在气缸内绕其轴线旋转，这种旋转运动是由进气门上导气屏的阻流和导流作用、气缸壁的导流作用，以及进气道方向与导流屏方位角密切配合而综合形成的。

导气屏实际就是导向叶片，它安装在进气门上，并可绕气门旋转，如图 5-31 所示。当气缸进气时，利用导向叶片对进气流的导向作用，在气缸内产生绕气缸轴线旋转的进气涡流，进气涡流的强度取决于导向叶片的包角和方位角，改变导向叶片的包角或方位角，均可达到调节进气涡流强度的目的。

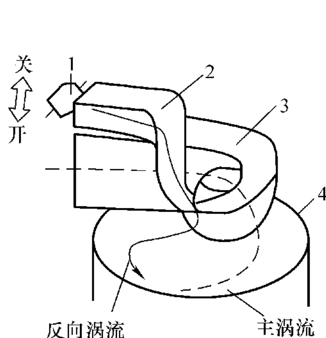


图 5-30　双气道式涡流结构
1—转换阀　2—副进气道　3—主进气道　4—气缸

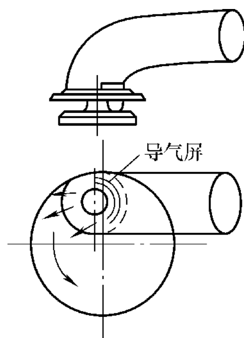


图 5-31　导气屏式进气涡流控制系统

275. 什么是喷孔式变涡流控制系统？

喷孔式变涡流控制系统如图 5-32 所示。它是将喷孔布置在进气道下方，喷孔关闭时，就是原机的螺旋气道，能产生较好的涡流比；喷孔打开时，通过该孔的空气与螺旋气道的空气相撞，降低了涡流强度。涡流比的变化范围与喷孔相对于进气道的位置有很大的关系。从理论上讲，通过进气道的空气流向喷孔出口处，喷孔位于同一直线上时，涡流比的变化范围最大。试验证明这种涡流机构没有流量损失。



图 5-32　喷孔式变涡流控制系统示意图

当柴油机低转速工作时，喷气孔关闭，原有进气道可以产生较强的进气涡流。柴油机高速工作时，喷气孔开启并向进气道喷入空气，喷入的空气与进气道的空气相撞，使进气涡流强度降低。通过改变由喷气孔向进气道喷气的角度或速度，可增大控制涡流强度的变化范围。通过喷气孔向进气道喷入的空气，一般来源于储气筒。

此种方法通过向进气道喷入空气对进气流进行干扰来降低进气涡流强度，采用此方法对进气系统结构改动小，对充气效率影响小，控制系统简单，容易实现。

276. 什么是气道分隔式进气涡流控制装置?

气道分隔式进气涡流控制是在进气道内部布置水平隔板，把进气道分为上下两层。如果关闭上层气道，空气只由下层气道进入，流速较高，在气缸内形成较强的涡流。若打开上层气道，则可在气缸内形成较弱的涡流。此种结构类似于汽油机的动力阀控制系统，通过改变进气道流通截面的方法，来调节进气流的速度，从而改变进气涡流的强度。这种方法虽然简单，但在较强的充气涡流时，充气面积减小，空气流速提高，会造成充气系数的降低。

气道分隔式进气涡流控制装置如图 5-33 所示，在进气道内布置有水平隔板，关闭上层气道进口的板式阀，只有下层气道开启，进气速度提高，产生强涡流；若打开板式阀，则恢复到弱涡流状态。柴油机低速运转时，控制阀关闭上层进气道，进气道流通面积变小，进气流速度提高，进气涡流增强。柴油机高速运转时，控制阀开启上层进气道，两层进气道进气使进气道流通截面增大，进气流速度降低，进气涡流减弱。

这种方式产生强涡流时的流量系数大幅度降低。

277. 什么是可调涡流式进气涡流控制装置?

可调涡流式进气涡流控制装置是在不同柴油机转速下，通过不同的进气道进气实现进气涡流控制的，它的结构如图 5-34 所示。

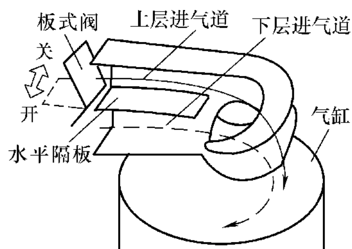


图 5-33　气道分隔式进气涡流控制装置

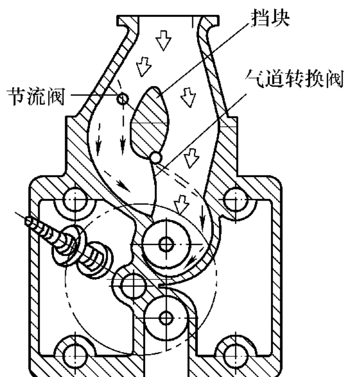


图 5-34　可调涡流式进气涡流控制装置

进气道内设有挡块，将进气道分为螺旋气道和直气道，在两气道下部会合处设有气道转换阀，在螺旋气道内装有一个节流阀。柴油机高转速时，利用转换阀关闭能产生较强涡流的螺旋气道，由直气道进气，进气涡流较弱。中等转速时，利用转换阀关闭直气道，由能产生较强涡流的螺旋气道进气，节流阀也部分关闭，由于节流阀使进气流通截面变小，且由能产生较强涡流的旋转气道进气，所以能产生很强的进气涡流，低负荷时使用节流阀。

278. 什么是带涡流控制阀的进气涡流控制装置?

带涡流控制阀的进气涡流控制装置如图 5-35 所示。在进气道内安装一隔板，从气道上部凸出到下部，将气道分为螺旋气道和旁通气道。当部分负荷要求较高的涡流比时，旁通气道关闭；当全负荷要求较高的充量系数时，旁通气道打开。这种型式气道的缺点是气道内隔板固定困难，而且由于旁通阀的存在，降低了流量系数和充气系数。

旁通气道式进气涡流控制与气道分隔式基本相同，它是利用从气道上部突出到下部的隔



板将气道分为螺旋气道和旁通气道，并利用旁通阀关闭或开启旁通气道来改变进气流通截面的大小，从而实现对进气涡流的控制。旁通气道式进气涡流控制装置如图 5-35 所示。采用此方法控制进气涡流，缺点是气道内隔板固定困难，而且由于隔板和旁通阀的存在，会影响充气效率。

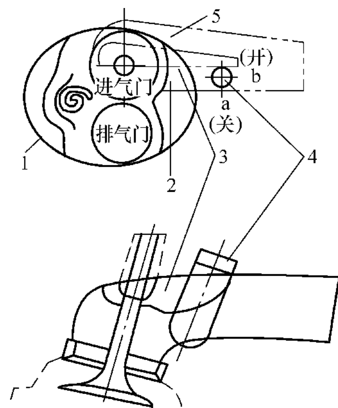


图 5-35　带涡流控制阀的进气涡流控制装置

1—气缸　2—旁通气道　3—隔板　4—旁通阀　5—螺旋气道

279. 进气涡流控制系统由哪些部分组成?

进气可调涡流机构大多可以采用电子控制。电控单元根据发动机转速、负荷所确定的工况，驱动各种执行机构来调节进气涡流的强度。

首先，电控单元要检测发动机的转速和负荷，也就是加速踏板的位置；然后根据已存储在电控单元中的最佳涡流比 MAP 图，向执行机构发出控制信号，执行机构驱动有关的调节机构，将发动机涡流比调节到最佳值。由于上述的各种可变机构中，大多是调节有关的转换阀的开度或位置。因此，一般可按位置伺服控制系统来处理。执行机构可采用各种电磁机构，如用伺服电动机驱动；也可采用气动执行机构。

现以日本五十铃 6SDI-TC 柴油机为例，介绍进气涡流控制系统的组成。

该系统采用喷孔式进气涡流控制方法，如图 5-36 所示。由 ECU 根据柴油机转速加速和踏板位置信号，通过一个电磁阀和一个气动膜片阀来控制喷气孔的开闭，调节由储气筒经喷气孔喷入进气道的压缩空气量，实现对进气涡流强度的控制。柴油机转速较低、进气涡流较弱时，ECU 发出控制指令，电磁阀断电使气动膜片阀的气压通道阻断，气动膜片阀关闭喷气孔，停止向进气道喷气，以增强进所涡流强度。反之，当柴油机转速较高、进气涡流过强时，ECU 发出指令，电磁阀通电接通气动膜片阀的气压通道，使气动膜片阀开启喷气孔，同时来自储气筒的压缩空气经喷气孔喷入进气道，以抑制进气涡流强度。

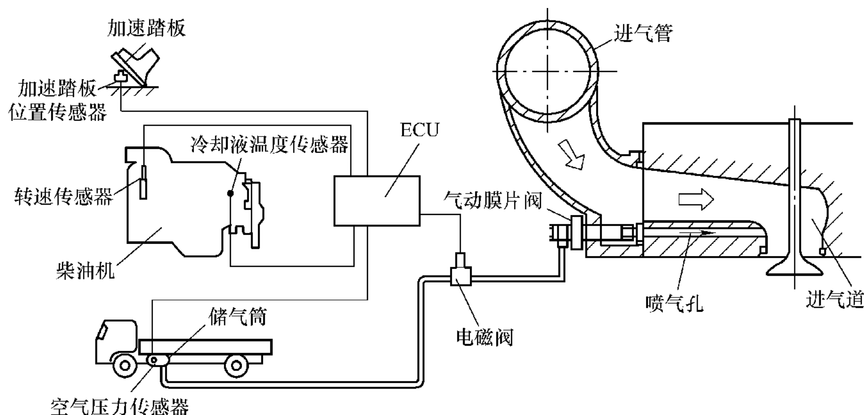


图 5-36　日本五十铃 6SDI-TC 柴油机进气涡流控制方法

当 ECU 根据冷却液温度传感器信号确定柴油机的温度低于正常工作温度时，即使柴油机处于起动或怠速这样的低速工况，进气涡流控制系统也保持向进气道喷气，以降低进气涡

流强度的工作状态，这样可减少由于气缸内气流运动引起的散热损失，从而改善柴油机冷起动性能和缩短暖机时间，也有利于减轻柴油机低温时冒白烟的现象。

日本五十铃 6SDI-TC 柴油机进气涡流控制系统中，采用的电磁阀为二位二通开关型电磁阀，只有开或关两种状态，这使其对进气涡流的控制也只有强、弱两个变化，若采用占空比控制型电磁阀或步进电动机控制，即可实现气动膜片阀开度由最小到最大开度的连续变化，从而实现对进气涡流强度的连续控制。

五、进气预热系统

280. 柴油机的预热系统有什么作用?

柴油机预热系统是柴油发动机所特有的。与汽油机相比，柴油机燃料蒸发性差、运动惯性大、无强制点火装置，发动机冷态起动时，即使压缩充分，由于温度低，喷入的燃油可能并未升温至自燃温度。因此，为改善柴油机的低温起动性能，必须用预热系统来改善点火性能。

起动预热系统在发动机冷态起动前，通过电子装置加热压缩空气，提高了发动机的起动性，即使在起动后，依据冷却液温度，将对空气继续加热一定时间，从而可以减少柴油发动机的爆燃和冒白烟现象。

起动预热系统有两种类型：预热塞式和进气加热式。预热塞式用于加热燃烧室的空气，进气加热式用于直接加热来自空气滤清器的空气。

281. 柴油机常见的预热装置有几种?

目前，柴油机应用最广泛的预热装置是进气预热和燃烧室预热，其次是冷却液预热。三者不同的只是预热装置的安装位置和加热对象。进气预热装置安装在进气管内，对进入气缸前的空气进行预热，如图 5-37 所示。燃烧室预热装置安装在燃烧室内，对进气气缸的空气和燃油进行预热，如图 5-38 所示。而冷却液预热装置则安装在冷却系统中，对冷却液进行预热。

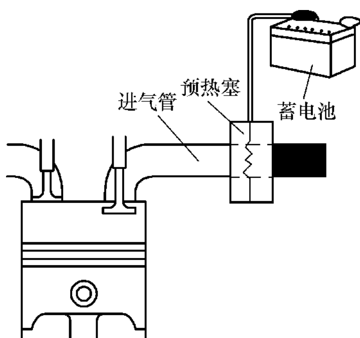


图 5-37　进气预热系统

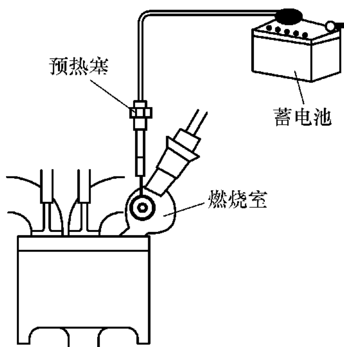


图 5-38　燃烧室预热系统

在进气预热、燃烧室预热和冷却液预热系统中，按预热装置的结构原理不同，可分为预热塞式和预热器式两种。

预热塞式预热装置是利用电发热的预热塞向各个气缸的燃烧室内的压缩空气直接供热，



同时通过喷射燃油与发热部接触来提高起动性能。以前使用的普通型预热塞式预热装置预热时间需要几十秒的时间，而最近采用在预热塞式预热装置中施加超高电压大幅缩短了预热时间，通过电子电路控制通电时间的急速型预热方式也在逐渐增多。预热塞式预热装置安装在燃烧室内，前端突出，通过前端800～900℃的高温来辅助点火，使柴油机能够容易起动。预热塞式预热装置一般安装在分隔式的燃烧室中，也有安装在直喷式燃烧室内的情况。

预热器式预热装置是加热吸入歧管内空气的方式，有用燃油装置中取出的燃油来加热吸入空气的燃烧式，和使用电气预热器来加热直接吸入空气的电热式两种。

282. 重型柴油机的燃油电加热器有什么作用？

在重型柴油机上，除了在进气道中安装有电热塞进行预热之外，在燃油滤清器座上还安装有电加热器，对燃油进行加热。加热柴油的目的是防止结蜡。如康明斯ISBe高压共轨柴油机就安装有燃油电加热器。燃油电加热器由电控单元监测燃油温度，并控制燃油加热器继电器，当燃油温度低于设定温度时，加热器打开，开始预热；燃油温度高于设定温度，加热器关闭，停止加热。柴油加热控制温度为5～6℃。

283. 电热塞预热系统工作原理是怎样的？

电热塞预热系统工作的原理如图5-39所示。当发动机冷却液温度低时，在点火开关接通后，预热定时器1和2都接通。定时器1使预热指示灯点亮，定时器2接通预热塞继电器，使预热塞开始加热。在以冷却液温度决定的时间内，定时器1和2都接通，然后同时断开，预热指示灯也熄灭。而点火开关转到起动档时，预热定时器或排放控制ECM将预热塞继电器接通，以防止预热塞温度在起动时下降，防止发动机爆燃和冒白烟，从而改善发动机的起动性能。当定时器3接通运行时，在以冷却液温度决定的时间内，将预热继电器接通，使预热塞预热，点火开关从起动（START）档转到点火（ON）档，为发动机的起动产生作用。

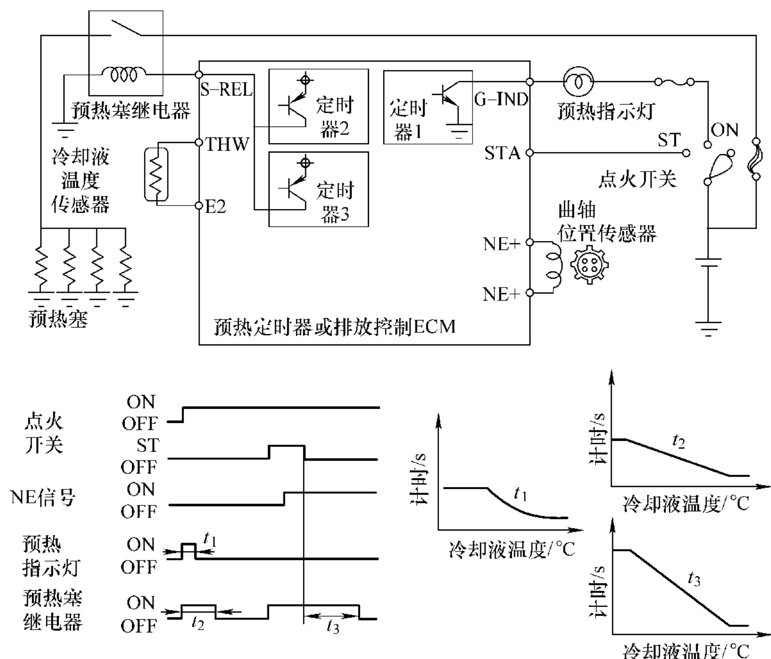


图5-39 电热塞预热系统的工作原理



284. 预热系统电路有几种？

预热系统的电路有：固定延时电路、可变延时电路和电控单元控制电路三种。

1）固定延时型电路。如图 5-40 所示，在固定延时型预热系统中，预热定时器控制预热指示灯发光时间和预热塞继电器接通的时间（预热时间）。指示灯发光时间约为 5s，预热时间约为 18s，两者都按固定时间控制。

2）可变延时型电路。如图 5-41 所示，在可变延时型预热系统中，预热定时器控制预热指示灯发光时间，并根据发动机冷却液温度和交流发电机电压（可用作发动机运转信号）来决定预热塞继电器接通时间（预热时间）。指示灯发光时间：约为 2～28s，预热时间约为 2～55s，两者都根据冷却液温度而变化。

3）电控单元控制电路。一汽大众宝来柴油机起动预热系统为电控单元控制电路（如图 5-42 所示）。电控单元控制预热塞继电器和预热塞的工作，当冷却液温度低于 9℃时，发动机电控单元起动预热塞系统电路，进行预热。

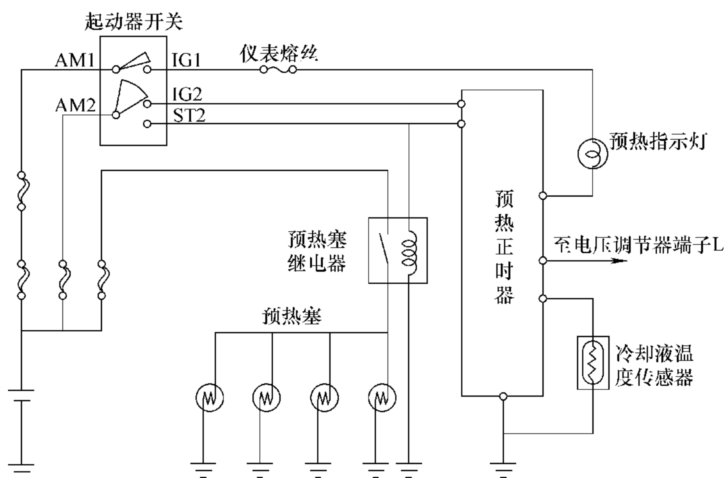


图 5-40　固定延时型电路

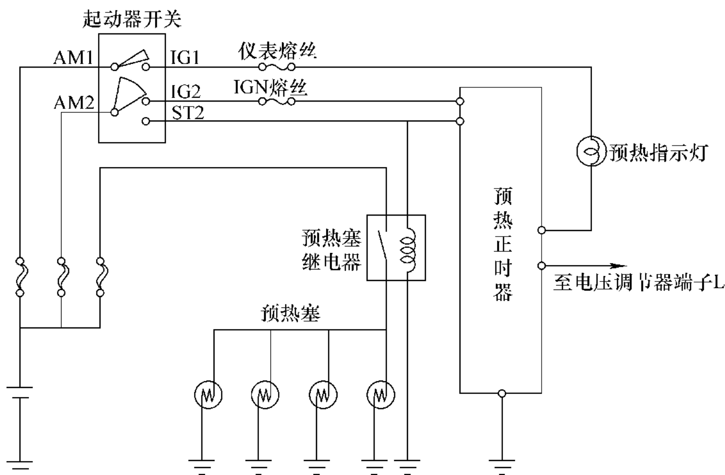


图 5-41　可变延时型电路



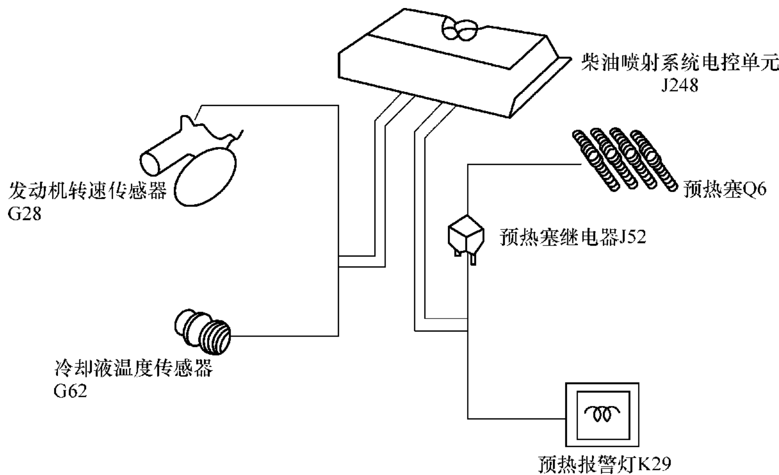


图5-42　电控单元控制预热系统电路

285. 预热塞的结构与工作原理是怎样的?

由于火焰预热器在工作时消耗柴油机进气管中的氧气并产生废气，其预热效果必然受到限制。因此，既适用进气预热，又适用燃烧室预热的电热塞式预热装置应用越来越广泛。普通型预热塞为封装型结构，向管中设置的热线圈通电后，管前端部分红热。内部的空间使用绝缘粉末填满与热线圈保持绝缘，如图5-43所示。最近，自我温度控制型预热塞和陶瓷型预热塞等急速预热方式的预热塞被广泛适用。

预热塞内安装有加热电阻，其特性是随着温度的升高，线圈电阻增加，从而降低流往与控制相串联的热线圈的电流量，使预热塞的上升温度不会过高，一般预热塞温度可升高到900℃。

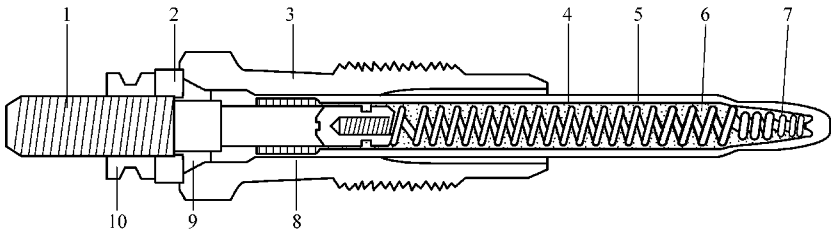


图5-43　预热塞结构

1—线束连接器　2—绝缘垫片　3—壳体　4—散热钢套　5—控制线圈　6—填料
7—加热线圈　8—绝缘垫　9—密封垫　10—固定螺母

286. 预热器有几种类型?

预热器有燃烧式预热器和电热式预热器两种类型。

287. 燃烧式预热器的结构与工作原理是怎样的?

燃烧式预热器通常称为火焰预热器，其结构如图5-44所示。预热器所需的燃油通道由燃油喷射系统中的低压输油泵供给，并用电磁阀控制向火焰预热器供油的油路，电磁阀电路则由ECU或温控开关控制，燃油路径和电路如图5-45所示。在预热器进口中装有滤网和计量孔，滤网可防止燃油中的杂质进气预热器，计量孔用来限制供给预热器的油量。炽热塞位

于火焰预热器的中部，通电 60～90s，炽热塞头部的温度就可达到 1000℃以上。蒸发管围绕在织热管外部，供给预热塞的燃油经计量孔流入蒸发管，进气管中的部分空气则经蒸发管滤网进入蒸发管，燃油与空气蒸发管中混合，并在炽热管头部被点燃，燃烧放出的热量对进气管中的空气加热。

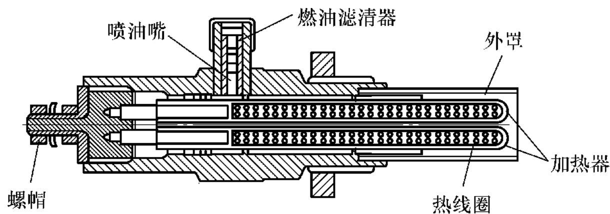


图 5-44　燃烧式预热器结构

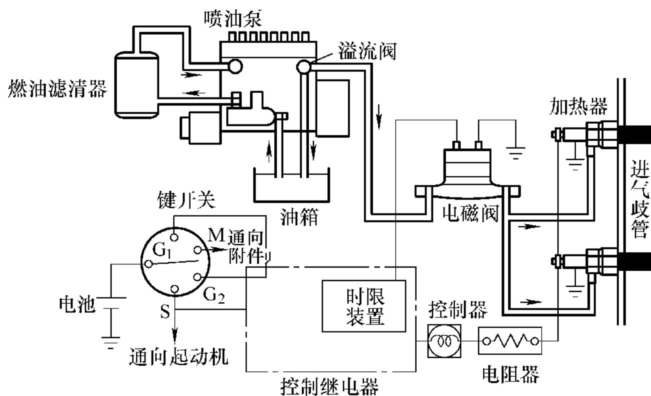
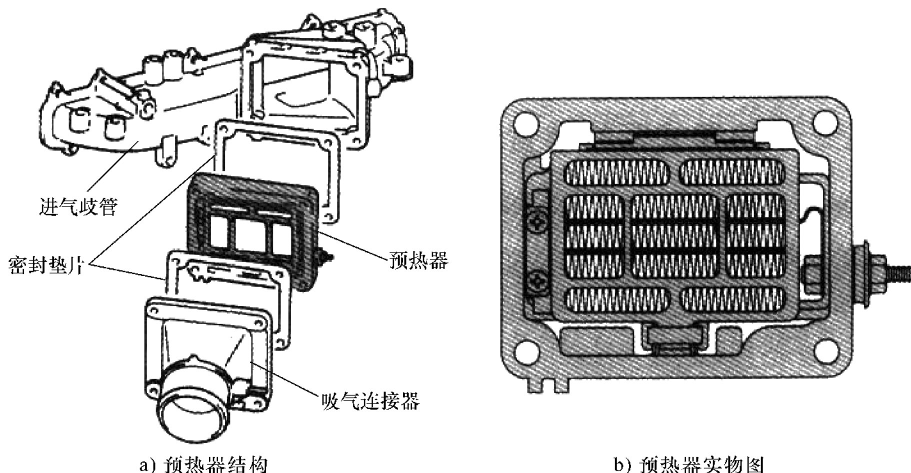


图 5-45　燃油路径和电路

柴油机低温起动后或起动时的温度较高时，由温控开关或 ECU 切断火焰预热器供油油路中的电磁阀电路及炽热管电路。

288. 电热式预热器的结构是怎样的?

电热式预热器结构如图 5-46 所示，向吸气通路中设置的空气加热器通电，用红热的空气加热器来加热吸入的空气，从而提高直喷式柴油机低温时的起动性能。并且，起动后也会持续一段时间继续加热吸入空气（后期预热），来降低冷起动后的柴油机工作粗爆状态和炭烟排放。



a) 预热器结构　　b) 预热器实物图

图 5-46　电热式预热器结构



289. 辅助预热系统是怎样的？

辅助预热系统指的是冷却液预热系统，它根据进气温度传感器、冷却液温度传感器和发动机负荷等信息，控制预热塞的工作。目的是提高燃烧质量，提高发动机的动力性和经济及排放水平。

290. 辅助预热系统控制过程分为几个阶段？

现以捷达电喷汽车为例介绍辅助预热系统控制过程。如图 5-47 所示，捷达电喷汽车辅助预热系统控制过程分两个阶段：预热阶段和后预热阶段。

1）预热阶段：点火钥匙打开后，当冷却液温度低于 9℃时预热塞被接通，预热期间报警灯亮。预热循环结束时报警灯熄灭，发动机可以起动。

2）后预热阶段：发动机起动后即为后预热阶段，时间不超过 4min，当发动机转速超过 2500r/min 后，后预热阶段终止。这可以降低燃烧噪声，提高怠速质量并降低 HC 排放水平。

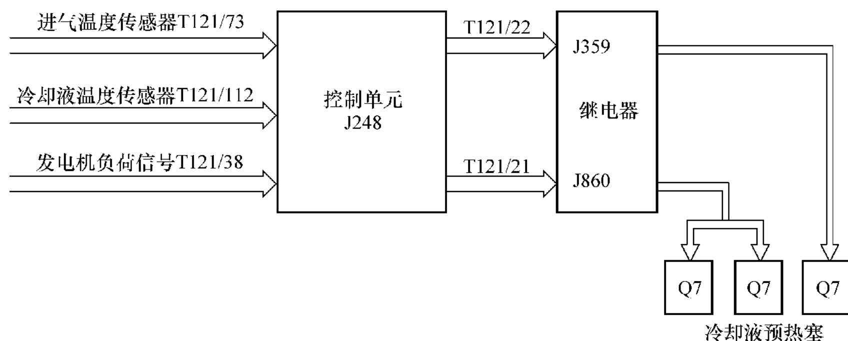


图 5-47　辅助预热系统电路

第六章

柴油机电控系统维修

一、电控柴油机的使用与维修注意事项

291. 怎样正确使用电控柴油机？

（1）柴油的选用

电控柴油机对柴油的要求很高，对柴油中颗粒物、水分、石蜡和含硫量有较严格的要求，在使用中应尽量使用高品质的符合标号要求的柴油，另外最好是不直接到加油站加入，最好将柴油静置一段时间后再注入油箱。严禁加入汽油或其他油料以改变起动性能，但可以加入合格的添加剂。

国产轻柴油按凝点编号，凝点也是选用柴油的主要依据，一般要求柴油的凝点应比最低的环境温度低 3～5℃，见表 6-1。

表 6-1　轻柴油的选用

牌　　号	适用范围	牌　　号	适用范围
10 号	有预热设备的柴油机	－20 号	气温在－14℃以上地区
5 号	气温在 8℃以上地区	－35 号	气温在－29℃以上地区
0 号	气温在 4℃以上地区	－50 号	气温在－44℃以上地区
－10 号	气温在于－5℃		

（2）起动

应按各机型的不同要求进行操作，如五十铃　4KH1-1TC 电控柴油机在起动时首先将起动开关拧转到“ON”位置时，预热指示灯点亮，经过约 0.5s（柴油机暖机状态），预热指示灯一熄灭就将离合器踏板踩到底，同时将起动开关拧转到“START”位置；或经过 4.0～7.0s（柴油机冷机状态），预热指示灯一熄灭就将离合器踏板和加速踏板踩到底，同时将起动开关拧转到“START”位置，即可起动柴油机。起动后立即松开加速踏板和离合器踏板，柴油机自动进行快怠速。同时应注意在点火开关处于“ON”位置前，不许踩下加速踏板，否则将导致柴油机起动困难。

（3）行驶

在行驶过程中要注意关注仪表信息，如故障指示灯或警告灯的点亮情况、冷却液温度、机油压力等信息，以及柴油机是否有异响，并进行及时的处理。此外，还要注意排气辅助制动的合理使用等。

（4）停机

至少在怠速运行 3min 才能熄火，如果是高速或大负载运行后，时间应该相应地延长，同时应注意辅助制动开关的关闭。



（5）出现熄火或故障

按要求采取行动，如进行车辆的制动，并停靠在安全位置，放置警示标识等。如果是由于燃油耗尽而熄火，在加油后则应按要求排空油路；如是其他故障最好不要轻易拆卸相关部件，而要由专业人士来进行维修。

292. 电控柴油机日常维护的内容有哪些?

（1）油液的检查与更换

一定要使用符合柴油机技术要求的机油，并符合所需要的加注量，否则将缩短柴油机的使用寿命并导致相关元件的损坏。其次冷却液不仅关系到柴油机的冷却效果，还影响到柴油机的工作情况。若沸点过低等则易造成冷却液沸腾；若冷却液质量不过关、酸碱性过强则会导致柴油机部件（包括传感器）的过早腐蚀等。

（2）滤清器和油水分离器的清洁与更换

机油滤清器的更换与传统的柴油机无区别，但在更换燃油滤清器时需要注意以下几点：

1）有的滤清器和油水分离器是一体的，并安装有水分（含水）传感器、燃油温度传感器和燃油加热器等，清洁和更换时都必须是在点火开关关闭后，且要注意插头和线束的紧固。

2）欧Ⅱ排放标准要求的颗粒过滤度主要是对10μm以上的颗粒过滤精度要达到95%，5~10μm的颗粒过滤精度只要85%，3~5μm的颗粒过滤精度只要65%；欧Ⅲ排放标准要求的颗粒过滤度为10μm以上要达到98%，5~10μm要达到97%，3~5μm要达到94%。

3）电控系统对滤清器的要求很高，一定要用正规的合格产品，否则将会导致喷油泵和喷油器柱塞的过早磨损或卡滞。在更换滤清器时，不能为便于柴油机的起动而提前灌注柴油，而应该用相应的油路排空方法进行排空。应注意经常对空气滤清器进行清洁，并根据情况进行更换。同样，更换的空气滤清器质量一定要过关。因为它质量不好除会导致柴油机的早期磨损，还将影响到空气流量传感器和涡轮增压器的损坏，所以有的空气滤清器采用了两级滤芯，这样初滤芯有超大容垢量，并能保障空气进气阻力小，同时更换操作简单；次滤芯密封严实可靠、具有防水功能、耐用性强。

293. 燃油系统的维护内容有哪些?

1）要求对油水分离器中的水进行排放，并考虑柴油里面的硫和水反应产生硫酸，从而损坏燃油系统，并且通过活塞环串气进入润滑系统，导致机油失效，轴承磨损等问题。

2）在更换滤清器后一定要按要求进行排空，对于有手动输油泵的按要求将滤清器座上的排气塞旋开后，按压操作开关直到气泡输出时再拧紧排气塞。

3）检查相关管路的密封情况，注意是否有渗漏处，并进行及时的紧固和相应密封件的更换。

4）更换机油和滤清器的周期

① 更换机油和机油滤清器。一般柴油机汽车每行驶7500km、出租车每行驶5000km，应更换机油和机油滤清器。如捷达轿车1.9L SDI柴油机的机油容量为4.5L，宝来轿车1.9L TDI柴油机的机油容量为4.3L。

② 更换柴油滤清器。一般柴油机汽车每行驶15000km，应更换柴油滤清器。

③ 空气滤清器。一般柴油机汽车每行驶15000km，应更换空气滤清器。

④ 定期放水。由于国内柴油含水量严重超出国际标准，各地区柴油含量又不相同，一般柴油机汽车每行驶1000km，应进行一次柴油滤清器放水。

294. 燃油系统的日常维护应注意哪些事项？

1）相对传统的机械式燃油系统而言，电控共轨燃油系统对燃油的清洁度与含水量有很高的要求。不清洁的燃油会使共轨产生穴蚀，也会使泵油元件和喷油器偶件因磨损缩短使用寿命。因此，对电控共轨燃油系统进行维护保养时要特别注意操作现场的清洁。

2）在日常的维护保养中要定期更换燃油滤清器及油水分离器。

3）不要加注不符合国标的燃油，应该到正规的加油站进行加油。由于国内油品整体水平不高，水分和杂质较多，用户应该定期放出油水分离器中的水分。

4）在拆装过程中要妥善保管所有的燃油系统管路，避免被污染。严禁在柴油机运转时拆卸高压油管，因为此时高压油管中的油压很高，所以一定要停机静置15min以上才能拆卸。

5）磨合期及以后的保养必须使用柴油机生产厂家认可的国Ⅲ机型专用燃油滤清器滤芯，否则容易造成高压泵、喷油器及共轨管损坏。

6）燃油滤清器滤芯更换周期：每运行15000km或累计运行300h更换一次滤芯。更换滤芯的方法：用专用工具将滤芯（筒）从燃油滤清器支座上拧下，用力要均匀，以免使其挤压变形；检查新滤芯的密封圈是否完好；不允许往新滤芯中灌注柴油；更换燃油滤清器滤芯后要按用户手册的要求驱动手油泵进行排空。

295. 电器系统的维护内容有哪些？

1）电控系统的工作需要在一定的电压范围之内，如五十铃4KH1-1TC电控柴油机是8V或16V，东风康明斯ISBE是16V或32V，应保障蓄电池电压充足和发电机正常工作。

2）蓄电池充电时，需拆下蓄电池进行，不能在车充电，但拆卸前一定要关闭点火开关。

3）更换蓄电池时，一定要注意蓄电池的极性和控制单元的极性不能接反，也不允许在柴油机工作时断开蓄电池。

4）注意系统中所有电器元件或插接头防水罩的密封性，以及线束的紧固情况及位置的合理性。并定期清洁线束和传感器上的油污与灰尘，保持其连接部分的干燥与清洁。

5）部分机型应根据燃油情况或在一定的行驶里程时，对利用燃油进行冷却的ECU（电控单元）冷却腔进行清洁。

6）气门间隙的调整。电控柴油机对气门间隙的要求比传统柴油机要高，必须用塞尺进行测量，并严格按技术标准进行调整。


注意：

此外车辆清洗过程中应注意水压力的调整，更不能直接冲刷电器部件，并注意相关插接头和元件的密封性。



296. 电控单元的日常维护要注意哪些问题?

柴油机电控元件和线束一定要保持干燥、无油和无尘。电喷共轨柴油机的日常维护应注意事项如下。

1）插拔线束及其传感器或执行器连接的连接器之前，切记应首先关掉点火开关、电源总开关，然后才可以进行柴油机电器部分的日常维护操作。

2）关闭电源总开关之前，应首先关闭点火开关。因为电子控制单元（ECU）在点火开关断开后，需要一段时间存储柴油机的运行状态参数，建议在关闭点火开关10s后再断开电源总开关；接通电源总开关和点火开关时，应先接通电源总开关，然后再接通点火开关。

3）电控燃油喷射系统的正常工作电压范围是18～34V，但蓄电池电压应尽量保持在22～26V之间。

4）严禁用水直接冲洗柴油机电控部分的零部件，当电器部分意外进水后，例如控制单元（ECU）或线束被水淋湿或浸泡，应首先切断电源总开关，并立即通知维修人员处理，不要自行起动运转柴油机。

5）定期用清洁的软布擦拭柴油机线束上积聚的油污与灰尘，保持线束及其与传感器或者执行器的连接部分的干燥清洁；当对国Ⅲ柴油机维修后，例如更换高压油管或排净空气后，应立即将油泵接插器上溅到的油用软布吸干。

6）所有的连接器都是塑料材料，安装或拔出时禁止野蛮操作，一定要确保锁紧定位装置插到位，插口中无异物。

7）注意维护整车电路，发现有线束老化、接触不良或外层剥落时要及时维修更换，但对于传感器本身出现损坏时，一定要由专业的维修人员进行整体更换，不能自行在车上简单对接或维修。进行电焊作业时，一定要关闭车上总电源并拔掉ECU上的所有连接器。

297. 电控柴油机使用维修的通用原则有哪些?

不同的柴油机由于其设计理念和使用状态的不同，对使用保养的要求也有所不同，但其通用原则有以下几点。

（1）机油质量等级优先原则

柴油机使用的机油，具有润滑、散热、清洁、密封等多项功能，如果质量不好，不仅不能起到作用，而且还可能造成柴油机的异常损坏。柴油机机油选用的一般原则是：根据该柴油机使用说明的要求选用相应质量等级的机油，可以选用比说明书要求的质量等级更高级别的机油，但绝对不能选用低于该级别的机油，且必须按换油周期更换机油。还要特别注意，不同品牌的机油可以互换使用，但一定不能混合使用。

至于机油粘度等级的选用，一般情况下都以通用机油（比如15W/40）为好。

（2）“三滤”质量优先并定期更换的原则

1）空气滤清器：如果空气滤清器滤芯质量不好，会造成柴油机缸套活塞的早期磨损，其损失远远大于更换几个空气滤清器滤芯的费用。

2）燃油滤清器：很多人认为，柴油是干净的，用不着太好的过滤装置。这种观点是非常错误的。柴油中含有大量粉尘、杂质，如果使用了劣质燃油滤清器滤芯，就可能过滤不掉这些粉尘和杂质，就会对柴油机的供油系统精密偶件（如柱塞、喷油器等）造成严重损坏。燃油滤清器滤芯的质量对于单体泵及共轨系统等高压喷油系统来讲更是重要。因此，选用质

量上乘的燃油滤清器滤芯是非常必要的。

柴油中的另一项不利的成分就是水，虽然总体含量不高，但久而久之，其危害也不可小视。目前，柴油机一般都安装有可以分离水分的燃油滤清器（也称为油水分离器），由于其价格相对较高，很多使用者都将其弃之不用，这样做会使柴油机的供油系统（特别是高压系统）经常损坏。因此，如果一台柴油机的供油系统精密偶件经常损坏，就应该仔细检查燃油滤清器滤芯质量。

3）机油滤清器：劣质机油滤清器滤芯可能导致机油过滤不干净、机油滤清器滤芯爆裂、机油滤清器外壳被吸瘪等故障，轻者造成轴瓦、缸套活塞拉伤，重者可能导致烧瓦、抱轴（抱缸）等严重故障，甚至可能出现柴油机报废的严重后果。

（3）坚持定期维护保养柴油机的原则

柴油机生产制造商一般都规定了柴油机的使用保养最低标准，作为柴油机使用者，应该无条件地予以执行。条件许可时，还应提高使用保养的标准。

298. 电控柴油机维修时应注意哪些事项？

1）柴油机的蓄电池电容量不足时，不能用快速起动电源来进行起动，但可以采用蓄电池辅助起动。

2）在进行柴油机的故障检查过程中，不能随便拔插电器接头及元件，而应在点火开关关闭后进行，并注意不要直接用万用表表笔在插接头前端进行相应的测量，而应采用专用接头或按技术手册要求进行测量。此外，还应注意接头及元件的保洁，不要让水、燃油或灰尘进入。

3）不能直接对装备电控柴油机的车辆进行电焊工作，需将控制单元拆除后才能进行这些方面的作业，冬天还应注意人体静电对电器元件的损害。

4）如需要对燃油系统进行拆卸时，一定要在柴油机停机一断时间后才能进行管路和器件的拆卸，具体时间因车型、柴油机型号和电控系统的不同而不同。在组装时，要注意保持接头的清洁及紧固后的密封性，根据拆卸情况进行排空。对于部分柴油机要逐段进行排空，首先是油箱到滤清器，然后是滤清器到油泵，即将泵体上的排气塞或排气口旋开，用手动真空泵将泵体内的气体排空。

5）不能用传统的方法对新型电控柴油机进行故障诊断，应由通过系统专业知识培训的技师，应用合适的诊断设备、专用工具进行电控柴油系统的故障诊断。同时在故障诊断前需要详细阅读柴油机制造厂的操作指南和技术说明。

6）电控柴油机系统故障诊断多采用逆源诊断法，先使用诊断设备找出故障的可能原因，然后从外围设备到控制单元逐步寻找故障所在的部位，最后加以解决。

7）不能随意切断 ECU 电源。在发动机运行过程中，电控系统出现故障时，自诊断系统会存储相应的故障码，以便维修人员在维修时，利用诊断仪器或随车自诊断系统读取故障码，进而根据故障提示信息查找故障原因和部位。若在读取故障码前拆开蓄电池电缆线或拆下主熔丝，就会切断 ECU 的电源，存储在 ECU 随机存储器中的故障码便会自动消除。若想获得故障码，对能够起动且故障经常出现的发动机而言，只要接通电源重新起动发动机，还可以重新获取故障码，但也浪费时间；而对于故障间歇性出现或根本无法起动的发动机，切断 ECU 电源后将导致难以再获取甚至无法获得故障码，这也就失去了一个很重要的故障信息。因此，在维修电控发动机时，若需要拆开蓄电池电缆线，必须先按规定的程序读取故



障码。

ECU 电源一般不受点火开关控制，关闭点火开关不会切断 ECU 电源。

8）不能随意断开与蓄电池电压相同的供电线路。当点火开关处于接通（ON）位置时，无论发动机是否正在运转，此时绝不可拆下蓄电池电缆线或熔丝。因为突然断电将会使电路中的线圈产生自感电动势而出现很高的瞬时电压（有时高达近万伏），从而使 ECU 及传感器等微电子器件严重受损。

此外，还必须注意的是除蓄电池电缆线外，其他凡是与蓄电池电压相同的供电线路（如直流电动机、燃油泵等线路），在点火开关处于接通位置时，也都不能拆除；否则，也会同样使相关的线圈产生自感电动势而烧坏 ECU 或传感器。

9）必要时必须切断电源。由于电控发动机的燃油系统多采用电动燃油泵，若在检修燃油系统时不切断电源，就有可能会在检修过程中无意接通电动燃油泵电路，使电动燃油泵工作，高压燃油会从拆开的燃油管路中以高压喷出，造成人身伤害或引发火灾。因此，在对电控发动机燃油系统进行检修作业之前，应先切断电源。其方法是关闭点火开关，或拆开蓄电池电缆线，或拔下主熔丝。

10）不可随意采用切断 ECU 电源的方法清除故障码。发动机维修完毕后，必须清除存储在 ECU 中的原故障码；否则，发动机故障虽已被清除，但故障码却仍储存在 ECU 中，驾驶室仪表板上的故障指示灯仍将点亮，驾驶人无法确定是有新的故障发生，还是旧故障码未清除所致，容易引起误解。

对大多数电控发动机而言，拆开蓄电池电缆线或拆下主熔丝，使 ECU 断电 30s 以上即可清除故障码。但是必须注意，汽车防盗密码、音响密码、石英钟等信息也存储在 ECU 中的随机存储器中，采用断电清除故障码的方法，上述存储在 ECU 中的临时信息也将一起被清除掉，从而导致音响锁码等。一般来说，应按维修手册要求的方法清除故障码，不知道有无防盗密码和音响密码，或不知道密码是什么时，切忌随意切断 ECU 电源。

11）不要出现过压或蓄电池极性接反。在进行车辆维修时，不允许蓄电池以外的其他电源（如专供起动用的起动电源）直接起动发动机，在装复蓄电池时注意其正、负极性不能接反，否则，供电电压过高、反向通电均会使 ECU 或其他电控元件损坏。

12）在对电控系统进行测试时，除特殊指明外，只能使用高阻抗数字式（不能使用指针式）万用表进行 ECU 及传感器测试，严禁用试灯测试与 ECU 相连接的电器元件，禁止用搭铁试火的方法进行电路检测，以免损坏 ECU 或其他电控元件。

13）不能盲目进行拆检。电控系统的工作可靠性高，使用中出现故障的概率小，多数故障是由于线束连接器接触不良造成的，这句话本身是正确的，但必须注意，“工作可靠性高”并不是说“绝对可靠”；“出现故障的概率小”，并不是说“绝对不出现故障”；“多数故障是因为连接不良造成的,”并不是说“全部故障是因连接不良造成的”。有些维修人员、尤其是驾驶人，由于对上述“正确语言描述”的片面理解，当发动机故障指示灯点亮时，便根据自己的主观臆断，在点火开关打开、甚至在发动机运转过程中，将一些电控元件的线束连接器拆开、插上进行试验，殊不知，这样每拆开一个传感器的线束连接器，ECU 便会记录一个故障码，这会导致人为故障码与实际故障码混淆，给故障诊断带来不必要的混乱。尤其是缺乏电控发动机维修知识或经验的人员，由于盲目操作导致发动机无法起动，再由专业人员维修时，读取的故障码有几个甚至几十个，也只能按读取的故障码一个一个地排除，

既费时又费力。因此，非专业维修人员不要进行盲目拆检。

14）不能盲目采用换件法诊断故障。当怀疑某个电控元件有故障时，用新的元件（或无故障车的同一元件）取代旧件以验证该电控元件是否有故障，这是目前在维修电控系统中多数维修人员都采用过的方法。但必须注意，换件法是建立在已经获得初步诊断结论后所采用的验证方法，否则换了一堆零件下来，即使故障修复了，也不知道准确的故障部位在哪里。

此外，换件法对诊断传感器、执行器等自身故障非常有效，但电控系统发生故障多是因为外部元件或线路损坏造成的，如果在此情况下采用换件法是比较危险的，极易因故障车的外围故障而导致新电控元件的损坏，增加损失。因此，若采用换件法诊断电控系统故障时，只能将故障车电控元件换到其他同类型无故障车上试验，而不能将其他无故障电控元件装在故障车上进行试验。

15）必要时拆开喷油泵或喷油器线束连接器：在维修中，使发动机转动但又不想起动发动机（如检测气缸压力等）时，必须拆开喷油泵或喷油线束连接器，以免发动机误起动或喷油器误喷油造成事故。

16）注意燃油系统清洁：在拆开燃油系统前，必须先清洁相关部件及相邻区域；拆下的燃油系统部件必须放置在清洁的平面上，并用不带绒毛的布等遮盖好；安装前，必须保证零部件的清洁；维修中，如有柴油滴漏，应及时擦拭干净；燃油系统拆开后，尽量不使用压缩空气作业，尽量不移动汽车，以免污物进入燃油系统。

299. 电控柴油机维修后应注意哪些事项？

电控柴油机电控系统的故障排除后，必须按照规定的程序清除故障码，否则，故障码仍然存储在 ECU 中，直到若干个起动循环，该处不再发生故障后，故障码才会自动清除。

新维修好的发动机，只要 ECU 中记录有故障码，无论该故障是否存在，仪表板上的故障指示灯都会点亮以示报警，这样车主便认为仍有故障。若在故障码自动清除前，又有新的故障出现，一是由于无法分清新旧故障码而不易及时发现新的故障；二是在故障排除中，旧故障码会给维修工作带来混乱及困难。因此在发动机电控系统维修后，必须按照规定的程序清除故障码。

二、电控系统的维修基础

300. 电控系统的检修方法有哪些？

电控系统的检修方法主要有解码器检测、数据流测试、万用表检测和示波器测试四种。

301. 解码器检测方法是怎样的？

汽车车载故障自诊断系统时刻监测汽车电控系统的工作，一旦发现问题便设定相应的故障码，维修人员利用汽车解码器通过数据连接器可以读取故障码，依据故障码的提示便可以确定车辆的故障部位。

电控汽车电控系统的传感器故障内容多以故障码形式储存于控制单元自诊断系统的存储器中。因此可以通过读取故障码方法判断传感器或其相关电路是否产生了故障；在读取故障码时可利用随车自诊断系统或车外自诊断系统进行。



302. 使用解码器应注意哪些事项?

1）在读取故障码之前，发动机应处于规定的初始状态：蓄电池电压高于11V；节气门完全关闭（节气门位置传感器内的怠速开关闭合）；手动变速器位于空档，自动变速器位于驻车档；关闭所有附属设备（如空调器、音响、灯光等）；发动机处于正常工作温度。

2）并不是所有的故障都会出现故障码。例如，三菱V73的6线式步进电动机由于是ECU以脉冲方式进行控制，因此没有监控装置，所以出现故障后，没有故障码。又如，当冷却液温度传感器的电阻发生漂移而不准确时，如果电阻总值没有超出规定范围，虽然有故障，但不会显示故障码。

3）故障码的含义说明需弄清楚，是传感器或执行器自身故障还是线路故障；线路故障要分清是短路还是断路，是与电源短路或断路，还是与接地短路或断路等。只有清楚、明白故障码的确切含义，才能更好地利用故障码排除故障，维修起来也可以少走弯路。

4）通过解码查出的故障码，只是说明某一系统或相关系统有故障，不要看到故障码就断定是该传感器或执行器有故障，就要更换，其他与之相关系统同样会造成同样故障而出现相同的故障码。

5）要弄清楚是历史性故障码还是当前的故障码，以及故障码出现的次数。如果是历史性故障码，就表示故障较早之前出现过，现在不出现了，但在ECU里面有一定的存储记忆；而当前故障码则表示是最近出现的故障，当前故障码绝大部分和目前出现的系统故障有关系。

例如，大众公司的解码器上故障码前显示“SP”，均表示临时的偶发性故障。故障发生的原因不外乎以下几种情况：发动机运转或点火钥匙打开的过程中拔下了某个电气插头，或者某个传感器或执行器的插头虚接，是软故障，不是硬故障。

6）当读不出故障码但车辆依旧有故障症状，此时要利用解码器的数据流对传感器和执行器进行深入的分析和判断。所谓数据流，简单来说就是电控系统中的一些主要传感器和执行器的当前工作参数值（如发动机转速、蓄电池电压、空气流量、喷油时间、节气门开度、点火提前角、冷却液温度等）。维修过程中，可以通过阅读数据流来分析、发现故障所在，特别是当电控系统无故障码可供参考时，数据流分析就更加重要。每个传感器和执行器在一定条件上的工作参数值是有一定标准范围的，可以通过实际值与标准值的比较来判断某传感器和执行器是否存在异常。

7）当参考故障码排除故障后，要利用解码器来清除故障码，也就是从ECU内存中清除故障码，并在发动机运转一段时间后（有条件的话，可以进行路试），再通过解码器来测试是否还会出现相似的故障现象，或者存储同样的故障码。

8）清除故障码，不提倡用拔掉蓄电池负极的办法来进行。早期的车辆，如三菱和现代，在清除故障码时可以使用断开蓄电池负极的方法来进行，但随着汽车技术的发展，越来越多的车辆已将故障码存储在ECU和EEPROM中，用断开蓄电池负极的方法是消除不掉故障码的。使用断开蓄电池负极的方法来清除故障码，不但清除不掉故障码，还会导致许多问题：一是很多车辆的ECU具备了自适应和自学习功能，断开蓄电池负极后，存储在KAM（可保持存储器）中的自适应信息丢失，导致车辆运行不稳定；二是会触发音响防盗等的防盗功能起作用导致锁死，如果不知道密码，音响便不能正常使用，预先设置在音响中的播放顺序，座椅的预定设置位置也会因此丢失。


注意：

随车自诊断系统通常只能提供与电控系统有关的电气装置或线路故障诊断，一般只能做出初步诊断结论，具体故障原因，还需要通过直接诊断和简单仪器进行深入诊断。

303. 怎样运用万用表检测法？

万用表检测传感器，通常是测量传感器线束插接器相关端子间电压或电阻，若检测结果不符合规定，则应修理或更换传感器。

304. 万用表电阻检测法是怎样的？

电阻检测法主要用于可变电阻、电位计传感器、磁电式传感器电阻的检测，对于半导体元件，一般要与标准元件的测量值对比才能得出结论。

检测方法：将点火开关 OFF，拆下传感器插接器，用数字式高阻抗万用表 R×1 档，测试传感器两端电阻值。将测得的值与标准值比较，若不符合标准，则应修理或更换传感器。例如，对电磁式轮速传感器，可以用万用表电阻档检查其电阻值，一般在室温时，电阻在 600～2300Ω 范围内为正常。电阻太小为线圈短路；电阻过大为连接不良；电阻非常大为断路；线圈与外壳导通为搭铁。

305. 万用表电压检测法是怎样的？

对于有源传感器，由于在工作时自身可以产生电压，因此可以使用电压检测法来检测传感器工作是否正常。

传感器输出信号电压检测：当点火开关置于“ON”位置时，检测传感器的输出信号电压，将测得的值与标准值比较，若不符合标准，则应修理或更换传感器。

以 ABS 用电磁式轮速传感器为例，拆开 ABS ECU 接线插座或拔下轮速传感器的接线插头，使被测车轮以 1r/s 的速度转动时，使用万用表交流 mV 档，测量各车轮的轮速传感器对应端子间的电压，万用表指示值应为 70mV 以上。如测量值低于规定值，原因可能是传感器与轮齿的间隙过大或传感器本身有问题，需要更换新件。

306. 万用表电流检测法是怎样的？

电流检测法主要用于产生电流调制信号的新型集成电路传感器，如主动型轮速传感器。通过万用表也可以对传感器进行电流检测。

307. 怎样检测传感器与 ECU 连接线线束电阻值？

如图 6-1 所示，用高阻抗万用表电阻档，测量传感器与 ECU 两连接线束的电阻值（传感器信号端、地线端分别与对应 ECU 的两端子间电阻），线路应导通，若不导通或电阻值大于规定值，说明传感器线束存在断路或插接器插头接触不良，应进一步检查或更换。

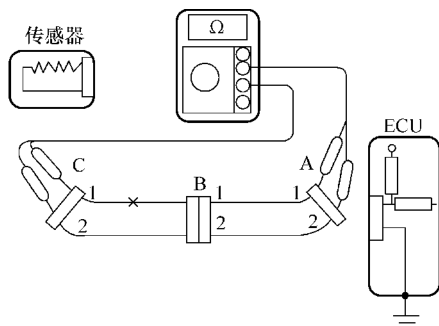


图 6-1　用高阻抗万用表电阻挡测量

308. 怎样运用数据流进行测试与分析？

汽车数据流是指控制单元（ECU）与传感器和



执行器交流的数据参数通过诊断接口，由专用诊断仪读取的数据，且随时间和工况而变化。数据的传输就像队伍排队一样，一个一个通过数据线流向诊断仪。

汽车控制单元（ECU）中所记忆的数据流真实地反映了各传感器和执行器的工作电压和状态，为汽车故障诊断提供了依据，数据流只能通过专用诊断仪器读取。汽车数据流就是汽车 ECU 的输入、输出数据，使维修人员随时可以了解汽车的工作状况，及时诊断汽车的故障。

使用汽车故障控制单元检测仪，可以得到大量的汽车运行数据，使用和分析这些数据，可以帮助分析故障，找到故障原因。数据流分析是运用各种测试手段对电控系统的各类相关数据参数进行综合分析的过程。

读取汽车数据流可以检测汽车各传感器的工作状态，并检测汽车的工作状态，通过数据流还可以设定汽车的运行数据，检侧部件状况。

309. 有故障码的数据流分析的一般步骤是怎样的?

在进行故障码分析并确认有故障码存在时，一方面可以利用查看记录故障码时的冻结数据帧，确认故障码发生时的车辆运行工况，同时可以使车辆在冻结数据帧提示的工况下进行故障验证，从而快速准确地确定故障部位；另一方面，可以直接找出与该故障码相关的各组数据进行分析，并根据故障码设定的条件，分析故障码产生的原因，进而对数据的数值波形进行分析，找出故障点。

310. 无故障码的数据流分析的一般步骤是怎样的?

故障码分析后确认无故障码存在时，从故障现象入手，根据控制系统的工作原理和结构，推断相关数据参数，再用数据分析的方法对相关数据参数进行观察和全面分析。在进行数据分析时，常常需要知道所修车系统的基本原理和结构、基本的控制参数及其在不同工况条件下的正确读取，并经过认真的分析，才有可能得出准确的判断。

311. 数据流的综合分析是怎样的?

（1）建立数据群模块

所谓建立数据群模块，即将某一故障现象所涉及的数据集中起来，逐一检查，对比及分析。例如发动机怠速转速过高，达到1000r/min，这所涉及的数据将包括冷却液温度、节气门开度、怠速控制阀步数（或开度）、点火提前角、进气歧管绝对压力、氧传感器信号、喷油脉宽、燃油系统压力、蓄电池电压、空调开关状态、转向助力开关状态、车速、档位开关状态及发动机废气排放等。

（2）分析数据

分析数据时应注意以下事项：

1）将控制单元的数据与实际测量数据进行对比，差值越小，说明控制单元及传感器越精确。

2）将控制单元数据与维修手册标准对比，若误差值超过极限，说明相应的数据为工作不良数据。

3）找出疑问数据进行分析。例如，氧传感器信号电压变化值为0.1～0.9V，无故障码。简单看，氧传感器无故障，数据也在维修手册规定范围内，但与新车0.3～0.7V的正常值相比，却有了很大变化。由此说明氧传感器接触到的发动机废气中的氧含量变化不稳定，即

燃烧时混合气的空燃比不稳定。而导致此种故障发生的原因有：发动机进气管漏气、气门积炭、气门关闭不严、曲轴箱通风阀堵塞及发动机活塞环密封不严等。

（3）综合分析

为了准确地分析故障，需要将几个问题数据间的关联关系逐一进行分析。

312. 怎样进行数据流综合测量？

1）发动机故障码测量。当发动机故障灯点亮时，故障码一定存在，此时经过查阅维修手册，便可明确故障类型，并相应地找到解决办法。

2）发动机数据流测量。当系统中没有故障码时，读取标准工况下的控制单元数据比较关键，特别要注意数据标准及数据变化量。常规测量工况应选择热车状态下怠速工况和发动机转速在2000r/min时的无负荷工况。

3）发动机真实数据流测量。一般要测量的数据应该是车辆工作的基本数据，例如对于发动机系统，这些数据包括进气歧管的真空度、气缸压力、点火正时、发动机转速、燃油系统压力、机油压力、发动机冷却液温度、进气阻力（真空法测量）、废气排放值、排气阻力及曲轴箱通风压力等。测量完成后，需要将实测值与故障诊断仪读取的数据进行对比，差值过大的数据即为故障所在。例如，发动机控制单元显示冷却液温度为60℃，而实测冷却液温度为85℃，则说明发动机冷却液温度传感器数据存在偏差，故障原因可能在于线路接触电阻过大，控制单元A/D转换器偏差等。

313. 怎样进行数据流综合分析？

数据流综合分析步骤是进行数据综合测量和数据综合分析。

314. 怎样运用波形检测与分析？

汽车专用示波器是用于快速判断电子控制系统故障的有效工具，它的使用操作简单、容易掌握，波形显示准确。在实际操作时，像点菜单一样，只要选择好需要测试的内容，不再需要任何设定和调整就可以直接观察电子部件的波形。示波器波形显示是用电压随时间变化的图形来反映一个电信号，可以非常直观、准确地判断工作部件的工作状况，为查找故障提供了方便。

在电控系统中，某些电子部件的信号变化速率快，变化周期达千分之一秒，还有许多故障信号间歇发生，时有时无，这需要测试设备的扫描速度大大高于故障信号速度。而汽车示波器就可以快速捕捉电信号，并且还可用较慢的速度来显示这些波形，以便让维修人员一面观察、一面分析。它还可以以储存的方式记录信号波形，以便反复观察已经发生过的快速信号，为分析故障提供了快速途径。在电控系统中，无论高速信号，还是慢速信号都可用示波器来观察被测部件的工作状况，并且可以通过观察波形知道故障是否已经排除。

用汽车示波器测试传感器输出的信号波形及信号电压的变化情况，可以确定传感器本身性能的好坏，由此可以确定某个系统的运行情况。例如，在装有氧传感器的反馈系统的汽车上，使用示波器测试氧传感器的信号，可以很好地了解整个反馈系统的运行情况，为捕捉故障信息提供方便条件。

315. 汽车专用示波器的安全操作注意事项有哪些？

1）确定被测试车辆在P位，并且拉起驻车制动手柄。

2）确定车轮在地面上被锁止。



3）使车辆在通风顺畅的地方。

4）在切断测试接头之前，应先断开搭铁线接头。

5）注意保护仪器免受液体侵入。

三、电控单元的万用表检测

316. 怎样用万用表检测电控单元?

汽车的电控单元（ECU）一般很少出现故障。如果怀疑其有故障，通常采用测量其线束连接器相关端子间电压和电阻的方法来进行检查。但在测量之前，应首先检查电控单元外观有无明显的损坏，外围元件是否脱焊或变质，若一切完好，再对电控单元ECU进行测量。

317. 用万用表检测电控单元应注意哪些事项?

1）在检测之前，应先检查控制系统及其他电气系统各熔断器、熔丝及有关的线束插头（连接器）是否良好。

2）在点火开关处于接通（ON）位置时，蓄电池电压应不低于11V。

3）必须使用高阻抗的万用表（阻抗应大于10MΩ/V），最好使用汽车专用数字万用表。

4）当需要拆下ECU线束连接器测量控制线路时，应先拆下蓄电池负极搭铁线，否则会损坏ECU。不可在蓄电池连接完好的状态下拆下电控单元的线束连接器，否则可能损坏电控单元。

5）在检测时，应先将电控单元连同线束一同拆下，在线束连接器处于连接的状态下，按检测数据表中的顺序，分别在点火开关关闭（OFF）、打开（ON）及发动机运转状态下，测量电控单元各端子与搭铁端之间的电压。也可以拆下电控单元线束连接器，测量各控制线路的电阻，从而确定控制线路是否正常。

318. 怎样检测电控单元各端子间的电压?

测量时必须在电控单元和线束连接器（插头）处于连接的状态下测量微机各端子的电压，并且万用表的测笔应从线束插头的导线一侧插入，测量各端子的电压，如图6-2所示。

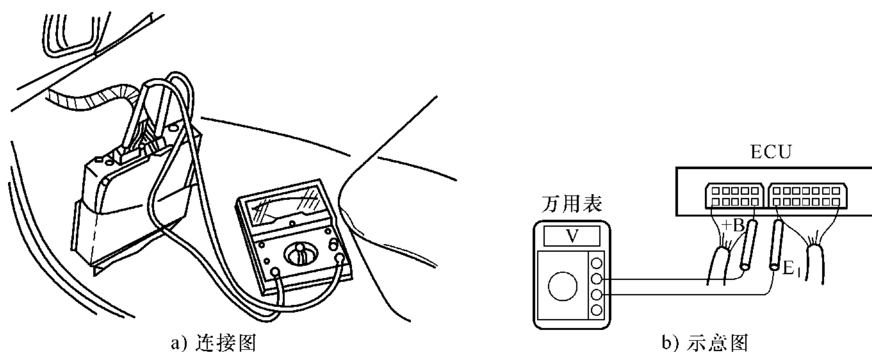


图6-2 检测ECU端子电压

319. 怎样检测电控单元各端子间的电阻?

若ECU内部某些元件断路或击穿，可通过测量ECU线束上各端子对地间的电阻来判定。测量ECU各端子电阻时，应在关闭点火开关，不拆下ECU的线束连接器时进行，否则

会损坏 ECU，如图 6-3 所示。

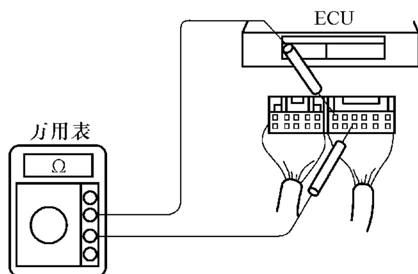


图 6-3　检测 ECU 端子对地电阻

1）从车上拆下 ECU 并拆下导线连接器。

2）用万用表测量导线连接器各端子间电阻值。



注意：

不要触碰 ECU 的接线端子，应将测笔从导线侧插入导线连接器中测量。

3）测量电阻值与标准值比较，以便确定 ECU 控制线路工作是否正常。

该电阻值分开路和在路电阻。显然，由于外围元件的影响这两种阻值绝对不同。每一端子的电阻又包含正向电阻和反向电阻。在确定各引端子电阻时，都必须指明是红笔搭铁还是黑笔搭铁。

在测电阻时，还应注意所用万用表的型号及电阻的档位，因为不同的万用表精度不同，测同一电阻时所得数值亦存在误差，同一块表用不同的电阻档测得数值亦不相同。因此，实测出的各端子对地电阻都要指明用什么型号的万用表、置于电阻的哪个档，红笔搭铁还是黑笔搭铁，是通路还是开路。

320. 怎样检测集成电路传感器端子的电流？

电流检测法主要用于产生电流调制信号的新型集成电路传感器，如主动型轮速传感器。测量时线路连接如图 6-4 所示。将万用表拨至量程在 200mA 以上的电流档处，将表笔串在其中一根输出线上，另一根输出正常接线（指针式万用表要注意极性），接通汽车电路使 ABS 通电，用手缓慢转动传感器安装侧的车轮，正常情况下，电流指示应在 7～14mA 之间来回波动。如果读数值只固定在 7mA 或 14mA 上，同时调整空气间隙无效时，则说明传感器失效。另外，如果接通电路后电流数值直接显示为 0 或 100mA 以上时，在确认万用表接线无误后，可以判定传感器已经断线或短路。

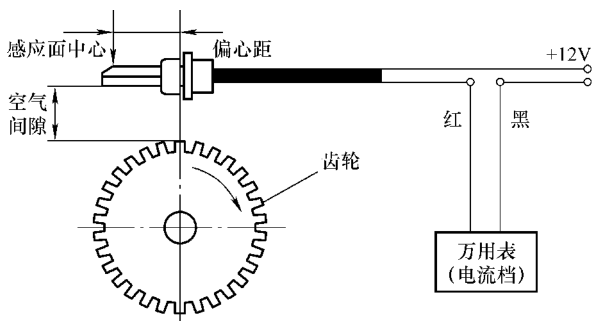


图 6-4　用电流法检测主动型轮速传感器



四、传感器的万用表检测

321. 万用表检测传感器的顺序是怎样的?

传感器在检测时，应该按照以下检测顺序进行。

（1）征兆判断

推断可能发生故障的部位。

（2）解码器检测

确认被怀疑的传感器在解码器中是否有故障码，并在数据流中加以强化判断。

（3）传感器周围的检查

为防止不是因为传感器本身故障而导致的传感器误判，要首先对怀疑的传感器部位进行外部检查，看是否有短路、断路、脏污、脱开、连线、水泡、腐蚀、氧化、接触不良、传感器变形等情况。

（4）外部电压、搭铁及线束导通的检查

为防止有源传感器由于没有供给电源而导致不能正常工作，要首先对外部电源进行检查。例如，霍尔式曲轴位置传感器如果没有12V或5V电压的供给，传感器是不会有信号输出的。如果电源和搭铁不正常，则应检查线路。

（5）本体检查

主要是外观检查和电阻检查，不用连接外部电路。针对能够进行电阻测量的传感器，如可变电阻式传感器、电磁式传感器，可以直接进行电阻的测量。例如，轮速传感器电阻检查可以关闭点火开关，拔下传感器连接器，检查前后轮的轮速传感器端子电阻，应均为1.0～13kΩ。同样，节气门位置传感器、电磁式曲轴位置传感器的电阻和电阻变化的平稳性，可以用万用表的电阻档直接测量，从而判断传感器是否正常。

（6）输出信号检查

输出信号检查主要是将传感器连接到外部经检查已经是正常的线路中，或是额外提高传感器工作条件，来对传感器输出信号进行检查的过程。输出信号检查，应该是检测结果比电阻检查更前进了一步。这是因为控制单元要接受的就是输出的信号，而不是传感器本身的电阻。传感器本身电阻正常，输出的信号不一定正常。

因此，不论是有源传感器，还是无源传感器，都可以在模拟工作状况下，进行输出信号检查。需要说明的是，无源传感器必须在正确供给工作电源的情况下，才可以对传感器输出信号进行检测。输出信号的检查可以使用万用表的电压档或电流档进行，但使用汽车专用万用表对输出信号只是进行简单的判断，更精确地判断输出信号可以使用示波器来进行。

① 模拟直流信号：如节气门位置传感器，汽车专用万用表直流电压量程检测即可满足要求。

② 模拟交流信号：ABS轮速传感器、磁电式曲轴位置传感器，可以用汽车专用万用表交流电压量程检测即可满足要求。

③ 脉冲脉宽调制信号/频率调制信号的电子信号：虽然可以使用万用表，但结果不够准确，要想看清具体的变化过程，必须使用示波器。

例如，三菱汽车用的卡尔曼涡流式空气流量传感器，在怠速时，输出信号为2.2～3.2V，此电压为频率调制信号的平均电压，但用示波器就可以很方便地看出空气流量传感器信号的频率和幅值是否符合规定。

（7）维修与更换

对传感器进行以上检查后，可以基本确定传感器的好坏。更换传感器时，要严格按照操作规程操作，切忌蛮干。要关闭点火开关，切不可带电操作，否则容易损坏其他电子部件。安装时要轻拿轻放。

（8）维修与更换传感器后

要切记用解码器清除故障码并重新试车，模拟故障出现状况，如果在试车过程中故障现象没有重复出现，检查故障码也没有重新出现，说明判断准确，安装正确，传感器检修操作完成。

322. 传感器检测应注意哪些事项?

1）除在测试过程中特殊指明外，不能用指针式万用表测试 ECU 及传感器，应使用高阻抗数字式万用表或汽车专用万用表进行测试。禁止使用“划火法”检查晶体管电路的通、断状况。不要用普通试灯去测试任何和 ECU 相连接的电气装置，以防止晶体管损坏，脉冲电路应采用 LED 灯或示波器检查。

2）在拆卸或安装电感性传感器时，应将点火开关断开（OFF），以防止其自感电动势损伤 ECU 和产生新的故障。

3）在车身上进行电弧焊时，应先断开 ECU 电源。在靠近 ECU 或传感器的地方进行车身修理作业时，更应特别注意。

4）ECU 和传感器必须防止受潮。不允许将微机或传感器的密封装置损坏，更不允许用水冲洗。ECU 必须防止受剧烈振动。

5）电控系统中，故障多的不是 ECU、传感器和执行部件，而是连接器。连接器常会因松旷、脱焊、烧蚀、锈蚀和脏污而接触不良或瞬时短路，因此当出现故障时不要轻易地更换电子器件，而应首先检查连接器的状况。

6）当断开蓄电池时需注意以下几点：一是必须关闭点火开关，如果在点火开关接通的状态下断开蓄电池连接，电路中的自感电动势会对电子元器件有击穿的危险；二是检查自诊断故障码是否存在，若有故障码，应记下故障码后再断开蓄电池；三是断开蓄电池前，应牢记带防盗码的音响设备的编码，否则在下次使用中，音响系统自锁会影响使用。

7）蓄电池搭铁极性切不可接错，必须负极搭铁。严禁在发动机高速转动时将蓄电池从电路中断开，以防产生瞬时过电压将 ECU 和传感器损坏。

8）跨接起动其他车辆或用其他车辆跨接本车时，需先关闭点火开关，才能拆装跨接线。

9）在点火开关接通的情况下，不要进行断开任何电气设备的操作，以免电路中产生的感应电动势损坏电子元件。

10）ECU 有学习功能，但 ECU 的电源电路一旦被切断（如拆下蓄电池）后，它在发动机运行过程中存储的数据会消失，因此，蓄电池断开后要装复。如果出现发动机工作状况不如以前时，先不要随便更换零部件，因为这种情况可能是蓄电池断开后 ECU 中的学习修正记忆消除的缘故。因为 ECU 根据系统实际情况进行的学习修正与根据厂家存储在只读存储器（ROM）中的数据进行控制，相比起来发动机工作状况会有差异。如果是此种原因，待发动机运行一段时间后，ECU 会自动建立修正记忆。如果想让 ECU 完全“恢复记忆”，则需通过在不同工况下的路试让 ECU 重新学习，发动机工作的不良状况会自动消失。

11）注意检查搭铁线的状况，其电阻值一般不应大于 1. 5Ω。

12）带有安全气囊系统的汽车，对安全气囊进行检修时，如果操作不当将会使安全气



囊意外张开，因此必须严格按操作程序进行，对安全气囊进行检修作业时，先将点火开关置于关闭位置，先断开蓄电池负极，等待90s再进行操作，以免发生意外。

13）检修氧传感器时，要注意不要让氧传感器跌落碰撞到其他物体，不要用水冷却。换氧传感器时，一定要用专用的防粘胶液刷涂螺纹，以免下次拆卸困难。

14）某些故障指示灯灯泡的功率不得随意改变，否则会出现异常情况。

15）注意屏蔽线。对于电磁式凸轮轴位置传感器输出信号情况，单单通过测量电压或电阻来确定其是好是坏是不全面的。有很多电磁式传感器测量电阻电压都正常，但线路屏蔽不好也会导致故障。

当ECU判断出某一电路发生故障时，只是提供了故障的性质和范围，最终确定是传感器还是执行器，还是相应的配线的故障，需要进一步检查配线、插头、ECU和相关部件，才能准确找到故障原因。

发动机电控系统各种传感器正常工作时，其输入ECU的信号电压是在一定范围内变化的。当某一传感器电路出现超出规定范围的信号时，ECU判断为该电路信号发生了故障。如果ECU在一段时间内收不到某一传感器的输入信号，ECU亦判断发生了故障。发动机在工作中，如果偶然出现一些不正常的信号，ECU不判断为故障。只有不正常的信号持续一定时间或多次出现时，才判断为故障。

323. 怎样运用万用表检测传感器？

传感器按其结构原理可分为电阻式、电容式、电磁感应式、霍尔式、光电式、热电偶式等。传感器的结构原理不同，其检测的方法和检测的内容也有区别。按使用的仪器设备不同，传感器的检测方法可分为万用表检测、示波器检测和诊断仪检测。检测发现有故障的传感器，只能更换。

万用表检测传感器的方法，通常是采用测量传感器线束插接器相关端子间电压或电阻，若检测结果不符合规定，则应更换传感器。

324. 怎样检测传感器的输出信号电压？

将万用表旋钮转到直流电压档，并选择合适的量程；测量两端子间或两线路间的电压时，应将万用表的两个表笔分别与被测量的两个端子或两根导线接触，如图6-5a所示；测量某个端子或某条线路的电压时，应将万用表的正表笔与被测的端子或线路接触，而将万用表的负表笔搭铁，如图6-5b所示。

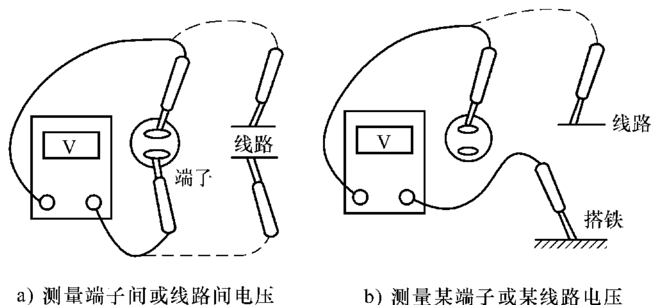


图6-5　用万用表测量电压

325. 怎样检测传感器的电阻?

用万用表测量传感器电阻的方法如图 6-6 所示。测量时，将万用表旋钮转到电阻档，并选择合适的量程。测量电阻的目的主要是检查电阻值是否符合标准或导通性是否正常（有无断路、短路故障）。

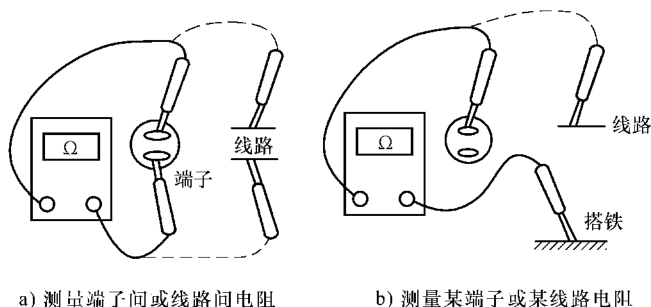


图 6-6　用万用表测量电阻

测量时，将万用表旋转到电阻档，并选择合适的量程，如果无法确定电阻量程，应该先选择低位电阻档进行试验。

326. 怎样检测热敏电阻式温度传感器?

进气温度传感器、冷却液温度传感器和燃油温度传感器一般均采用热敏电阻式，其电路和检测方法相同。热敏电阻式温度传感器一般有两个端子，分别为信号端子和搭铁端子。

现以宝来轿车柴油机燃油温度传感器为例，该传感器安装在燃油泵到燃油冷却器间的回油管中，其电路如图 6-7 所示。

用万用表检测燃油温度传感器的方法如下：

1）断开点火开关，拔下燃油温度传感器线束连接器，如图 6-8 所示，从发动机上拆下传感器。

2）用万用表分别测量传感器两端子与传感器壳体之间的电阻，其电阻应为无穷大。

3）将燃油温度传感器和温度计放到盛水的烧杯中，用加热器加热烧杯中的水，如图 6-8 所示。

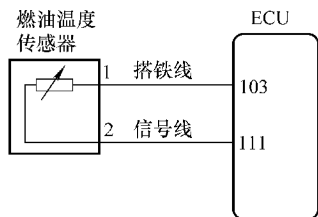


图 6-7　燃油温度传感器电路

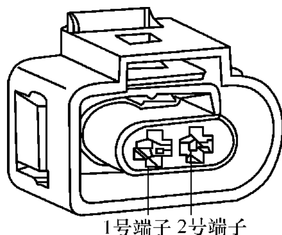


图 6-8　燃油温度传感器线束连接器

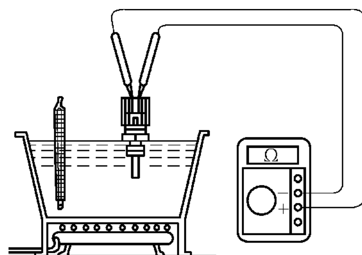


图 6-9　燃油温度传感器的检测

4）用万用表测量传感器两接线端子之间的电阻值，其电阻值随温度的变化规律应符合特性曲线下相应温度的电阻值，否则应更换燃油温度传感器。宝来轿车柴油机燃油温度传感器特性曲



线关系：30℃时对应的电阻值为3790～4270Ω，80℃时对应的电阻值应为600～660Ω。

如传感器电阻值正确，必须对电路进行检查。此时要拔下传感器插头，在点火开关打开的情况下，测量ECU与传感器连接插座的两个端子之间的电压，其电压值应为5V。如电压为0V，则需测量与传感器连接的ECU端子的导通情况（测量时拔下与ECU连接的插座和与传感器连接的插座，测量两个插座对应端子间的电阻）。如导线导通，则检查插座的松紧情况。如果插座正常，再检查ECU电源。如ECU电源供给正常则说明ECU损坏。

其他温度传感器的检查与燃油加温度传感器检查相似。

327. 怎样检测压力传感器？

压力传感器多数以惠斯顿电桥原理工作，由于惠斯顿电桥输出信号微弱（0～70mV），故传感器内部具有放大电路，所以该传感器在测量时不能通过使用万用表测量电阻的方式来判别其是否有故障。在测量这种传感器时，可使用测量电压的方式来判别其工作情况。如无信号电压，则必须对传感器电路进行检查。此时需拔下传感器，在点火开关打开的情况下，测量传感器连接插座的两端子之间ECU供给的参考电压，其电压值就为5V。如电压值为0V，则需测量传感器到ECU导线的导通情况（测量时拔下与ECU连接的插座和与传感器连接的插座，测量两个插座对应端子间的电阻）。如导线导通，则检查插座的松紧情况。如果插座正常，再检查ECU电源。如ECU电源供给正常。则说明ECU损坏。如果这些检查都正常，则说明传感器损坏。

共轨压力传感器安装在共轨上，其合理的信号范围为0.6～4.5V。增压压力传感器安装在进气管上，依据实际的增压压力其合理的电压信号为0.60～3.50V。

进气管绝对压力传感器和燃油压力传感器一般采用压敏电阻式。压敏电阻式压力传感器通常有3个端子，分别为5V标准电源端子、信号端子和搭铁端子。

现以宝来轿车为例，柴油机进气歧管绝对压力传感器和进气温度传感器是制成一体的，安装在增压中冷器后的进气管上，共有4个端子，2个传感器搭铁端子共用，电路结构如图6-10所示。检测方法如下：

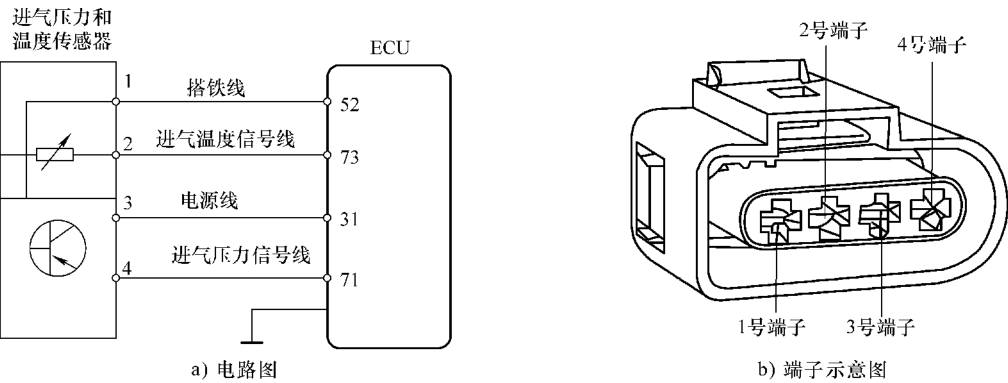


图6-10 进气歧管绝对压力和进气温度传感器

1）拔下传感器的插接端子，测量传感器进气温度信号端子和公共搭铁端子之间的电阻值，应该随温度的上升而下降。检测时，可以用电吹风对传感器进行加热，观察阻值的变

化。10℃时电阻值应为3300～45000Ω，30℃时电阻值应为1500～2000Ω，80℃时电阻值应为300～400Ω。

2）打开点火开关，在线束一端测量电源端子与公共搭铁端子之间应该有5V参考电压。若没有电压，应检查线束至ECU相应端子有无断路情况，若无断路说明ECU有故障，若有断路，检查线路故障。

3）重新插好连接器，拆下传感器上的真空软管，使大气压力作用于传感器，打开点火开关，用万用表测量进气压力信号端子与搭铁端子之间的电压值，应该在4V左右。

4）用手动真空泵对传感器施加真空度，再用万用表进气压力信号端子与搭铁端子之间的信号电压，该电压值应该随着真空度的增加而降低。

328. 怎样检测霍尔式传感器？

与电磁感应式传感器相同，霍尔式传感器也是主要用于测量运动件的位置变化，如凸轮轴/曲轴位置传感器、针阀升程传感器等。霍尔式传感器通常有3根线与ECU相连，分别为电源线、信号线和搭铁线。也有些霍尔式传感器的电源线不与ECU相连，即不是由ECU提供电源，而通过电源继电器供电。

现以宝来柴油机凸轮轴位置传感器为例，说明霍尔式传感器的检测方法。

该传感器为霍尔式，安装在正时带导向轮处，转子则安装在凸轮轴上。宝来柴油机凸轮轴位置传感器电路如图6-11a所示，通过电源继电器给传感器端子1提供电源，传感器与ECU之间相连的2根导线分别为信号和搭铁线。

用万用表检测宝来柴油机霍尔式凸轮轴位置传感器的方法如下：

1）拆开连接器（图6-11b），打开点火开关，在线束测量电源端子与搭铁端子之间的电压，正常应为蓄电池电压。

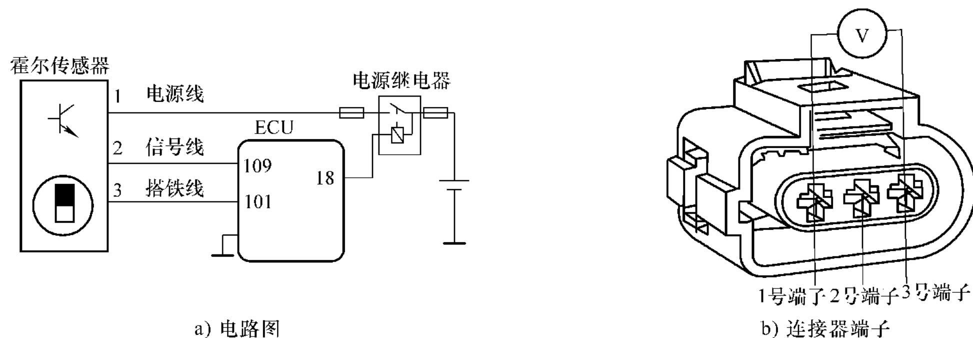


图6-11　霍尔式凸轮轴位置传感器

2）关闭点火开关，在传感器侧分别测量电源端子与信号端子和搭铁端子之间电阻，电阻值均应为∞（开路），否则说明传感器损坏。

3）插接好线束连接器，发动机工作时，测量信号端子与搭铁端子之间的电压，正常应有脉冲信号输出。

329. 怎样检测光电式传感器？

光电式凸轮轴/曲轴位置传感器电路如图6-12所示。该传感器共有4个端子，分别为电



源端子、搭铁端子、G信号端子和Ne信号端子。

用万用表检测光电式传感器主要作为凸轮轴/曲轴位置传感器的方法如下：

1）拆开连接器，打开点火开关，测量线束侧电源端子与搭铁端子之间的电压，应为12V；在线束侧分别测量G信号端子、Ne信号端子与搭铁端子之间的电压，均应为4.8～5.2V；在线束侧测量搭铁端子与气缸体（搭铁）之间电阻应为0Ω（导通）。

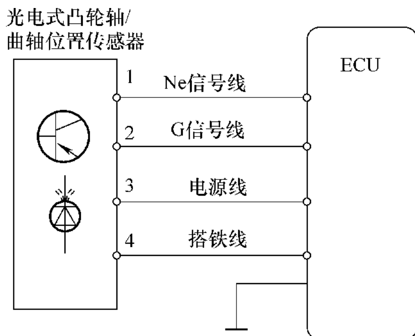


图6-12　光电式凸轮轴/曲轴位置传感器电路

2）插接好线束连接器，在起动发动机时，测量G信号端子与搭铁端子之间电压，正常电压应为0.2～1.2V；发动机起动后怠速运转时，测量Ne信号端子与搭铁端子之间电压，正常电压应为1.8～2.5V。

330. 怎样检测电磁感应式传感器？

电磁感应式传感器主要用于测量运动件的位置变化，如凸轮轴/曲轴位置传感器、加速踏板位置传感器、分配泵正时活塞位置传感器、针阀升程传感器等。电磁感应式传感器的感应线圈与ECU间用两根线连接，一根是搭铁线，一是信号线，如果有多个感应线圈，可共用一根搭铁线。

现以捷达柴油机喷油器针阀升程传感器为例，该传感器为电磁感应式，安装在第3缸喷油器内，传感器的感应线圈与ECU间用2根导线连接，1根是搭铁线，1根是信号线，其电路原理如图6-13a所示。

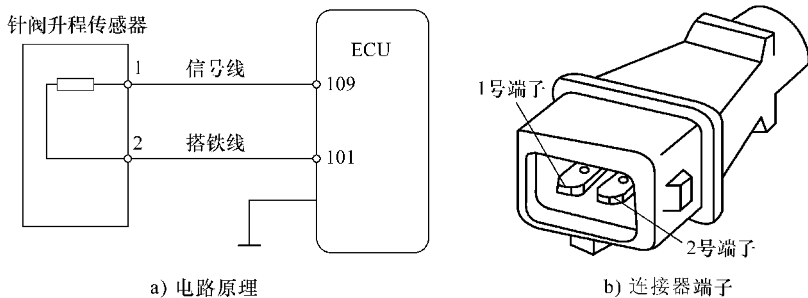


图6-13　喷油器针阀升程传感器

1）针阀升程传感器位于第3缸喷油器内。拆下传感器插接端子，如图6-13b所示，在传感器侧测量两个端子之间的电阻，正常值应为80～120Ω。

2）重新连接传感器，在柴油机工作时分别测量信号端子和搭铁端子之间的电压，正常应该有脉冲信号产生，否则表明传感器已损坏。

331. 怎样检测热膜式空气流量传感器？

热膜式空气流量传感器主要由空气流量传感器感应元件、加热元件和附加进气温度传感器等组成。在判别其工作状况时，加热元件可以通过测量其电阻来判别，进气温度传感器的判断方法与温度传感器的判断方法相似，传感器电路的测量方法也可以参考温度传感器电路的测量。而空气流量传感器感应元件部分由于在传感器内部具有放大电路，需要使用测量信

号电压的方式来判别其工作情况，传感器电路测量参考增压压力传感器电路测量。

现以宝来柴油机热膜式空气流量传感器为例，其电路原理如图 6-14 所示。热膜式空气流量传感器线束连接器上有 5 个端子，由电源继电器给空气流量传感器端子 2 提供 12V 电源，端子 2、3、4 分别为信号端子、搭铁端子、电源端子，端子 1 不用。

热膜式空气流量传感器检测方法如下：

1）拆开空气流量传感器线束连接器，打开点火开关，在线束侧测量端子 2 与搭铁（或搭铁端 3）之间电压，应为蓄电池电压；测量 5V 电源端子 4 与搭铁（或搭铁端子 3）之间电压，应为 5V。

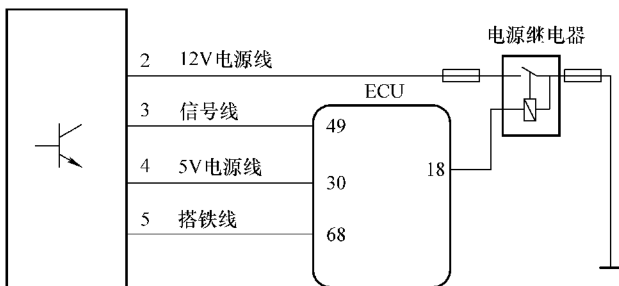


图 6-14　热膜式空气流量传感器

2）从车上拆下空气流量传感器，插接好线束连接器，并打开点火开关，测量传感器信号端子 5 与搭铁端子 3 之间的电压，正常应为 1 ~2V；向空气流量传感器进气口吹风，同时测量信号端子 5 与搭铁端子 3 之间的电压，正常应升高到 2 ~4V。

332. 怎样检测卡尔曼涡流式空气流量传感器？

现以反光镜式卡尔曼涡流空气流量传感器为例，说明卡尔曼涡流式空气流量传感器的检测方法。其电路如图 6-15 所示。该传感器与 ECU 之间有 3 根连线（带进气温度传感器的 4 根），ECU 通过电源线给空气流量传感器提供标准 5V 电压，空气流量信号经信号线输送给 ECU。

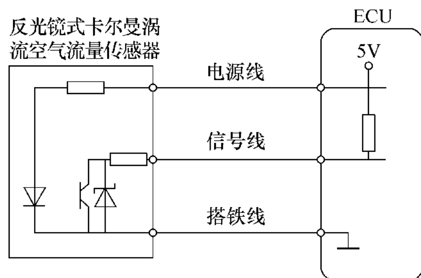


图 6-15　反光镜式卡尔曼涡流空气流量传感器电路

卡尔曼涡流式空气流量传感器检测方法如下：

1）拆开空气流量传感器的线束连接器，打开点火开关，在线束侧测量电源端子与搭铁端子之间的电压，正常应为 5V。

2）重新连好线束连接器，柴油机工作时，测量信号端子与搭铁端子之间的电压，正常应为 2 ~4V。

333. 怎样检测加热型氧化锆氧传感器？

加热型氧化锆氧传感器电路如图 6-16 所示。传感器共有 4 个端子，分别是由电源继电器或燃油泵继电器给加热线圈供电的电源端子、加热线圈搭铁端子、传感器信号端子和搭铁端子。有些氧传感器的加热线圈直接搭铁，不受 ECU 控制。也有些热型氧传感器只有 3 个端子，它是将加热线圈或传感器直接通过壳体搭铁，所以少 1 个端子。

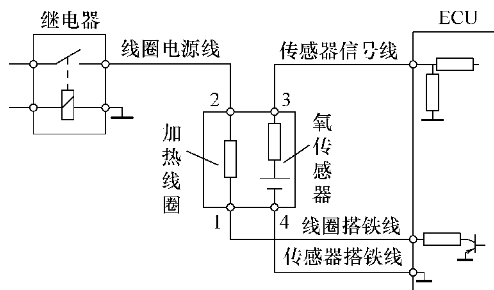


图 6-16　加热型氧化锆氧传感器

加热型氧化锆氧传感器检测方法如下：

1）关闭点火开关，拆开氧传感器线束连接



器，在传感器侧测量加热线圈电源端子与搭铁端子之间的电阻值，一般为 4 ~ 40Ω，具体车型查阅相关维修资料，以标准为准。电阻值若为无穷大，说明加热线圈烧断，应更换氧传感器。

2）重新打开点火开关，在线束侧测量加热线圈电源端子与搭铁端子之间的电压，正常应为蓄电池标准电压。

3）插接好传感器线束连接器，起动柴油机并使其达到正常工作温度，反复踩下、松开加速踏板，同时测量传感器信号端子与搭铁端子之间的电压，正常应在 0 ~ 1V 变化。

334. 怎样检测宽量程氧传感器？

宽量程氧传感器一般有 6 个端子，包括加热线圈电源端子、加热线圈搭铁端子、两个 5V 电源端子、信号端子和泵电流输入端子，其电路如图 6-17 所示。有些宽量程氧传感器只有 5 个端子，它是在传感器内部将两个 5V 电源端子合并。

用万用表检测宽量程氧传感器的方法如下：

1）关闭点火开关，拆开传感器线束连接器，在传感器侧测量加热线圈电源端子与搭铁端子间的电阻值，一般为 4 ~ 40Ω（具体值查阅车型维修资料）。电阻值若为无穷大，说明加热线圈烧断，应更换氧传感器。

2）打开点火开关，在线束侧测量加热线圈电源端子与搭铁端子间的电压，正常应为蓄电池电压。

3）宽量程氧传感器的电流信号只能由 ECU 转化为电压值显示出来，只能通过读取数据流检测其信号电压。宽量程氧传感器的电压规定值为 1.0 ~ 2.0V，电压值大于 1.5V 时说明混合气过稀，电压值小于 1.5V 时说明混合气过浓，电压值为 0V、1.5V、4.9V 的恒定值时都说明氧传感器线路有故障。

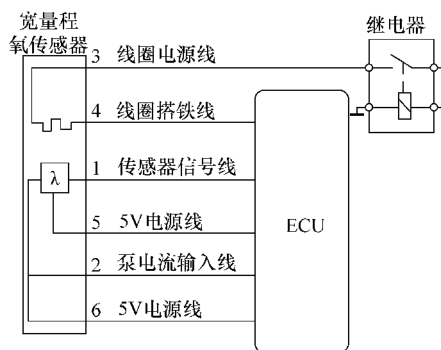


图 6-17 宽量程氧传感器电路

335. 怎样检测电位计式位置传感器？

加速踏板位置传感器、直列柱塞泵供油齿条位置传感器、分配泵油量控制滑套位置传感器等，均可采用电位计式传感器。电位计式位置传感器通常有 3 个端子，通过 3 根线与 ECU 相连，分别为 5V 标准电源线、信号线和搭铁线。

现以宝来柴油机加速踏板位置传感器为例，其电路如图 6-18 所示；该传感器内带有怠速开关和强制降档开关，安装在加速踏板上部，共有 6 个端子，其中端子 4、2、3 分别为电位计的信号端子、电源端子和搭铁端子，端子 1、5、6 分别为强制降档开关信号端子、开关信号端子和两个开关共用的搭铁端子。

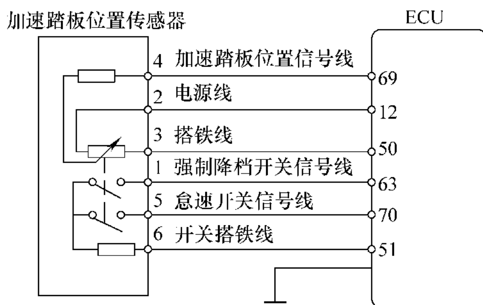


图 6-18 电位计式加速踏板位置传感器

用万用表检测宝来柴油机加速踏板位置传感器的方法如下：

1）拆开传感器的线束连接器，在传感器侧分别测量怠速开关信号端子、强制降档开关

信号端子与开关搭铁端子之间的导通情况。加速踏板完全放松时，怠速开关信号端子与开关搭铁端子之间应导通，踩下加速踏板时应不导通；加速踏板踩到底时，强制降档开关信号端子与开关搭铁端子之间应导通，加速踏板踩下深度小于95%时，应不导通。

2）缓慢踩加速踏板，测量加速踏板位置信号端子与电源端子（或搭铁端子）之间的电阻，应随踩加速踏板而平稳的变化。

3）打开点火开关，在线束侧测量电源端子与搭铁端子之间的电压，应约为5V。若没有电压，则检查ECU上相应端子的电压；若ECU上相应端子的电压正常，则说明ECU至传感器之间线路有故障；若ECU上相应端子没有电压，则说明ECUE有故障。

4）插接好线束连接器，打开点火开关，用万用表测量加速踏板位置信号端子与搭铁端子之间的电压，其电压值应随加速踏板开度变化在0.5～4.5V之间变化。

另外：对于使用霍尔原理的加速踏板位置传感器，由于在其内部存在处理与放大电路，所以不能使用测量电阻的方法判别其好坏。需要使用测量信号电压的方式来判别其工作情况。其测量方式与其他需测量信号电压的传感器的方法相似。

336. 怎样检测转速传感器？

转速传感器多使用电磁感应原理工作，使用性能好坏判别包括两个方面：测量线圈电阻和使用示波器测量其波形。

转速传感器线圈电阻值通常为800～1000Ω，在起动时通常要求其波形的上下峰值差异大于2.5V。如峰值差异小于2.5V，则检查传感器与触发轮之间的间隙，其间隙值通常为0.8～1.0mm，如间隙正常则需要更换传感器。

337. 怎样检测压电传感器？

压电传感器主要用于压力和振动强度测量，其电路如图6-19所示，当压力或振动产生的冲击力变化时，压电传感器产生的信号电压经信号线输送给ECU。

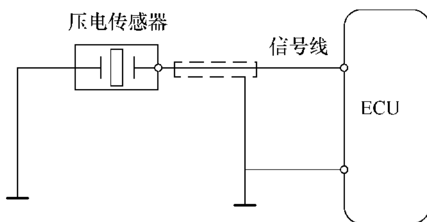


图6-19　压电传感器电路

用万用表检测压电式传感器的方法如下：

1）关闭点火开关，拆开压电传感器的线束连接器，测量传感器端子与其壳体之间的电阻，正常应为∞（不导通）。

2）拆开压电传感器的线束连接器，起动发动机并维持怠速运转，测量传感器端子与搭铁间的电压，应有脉冲电压输出。

五、执行器的万用表检测

338. 怎样用万用表检测执行器？

用万用表检测执行器通常是采用测量执行器线束连接器相关引端子间的电压、电阻和工作状态的方法来进行检查；若检测结果不符合规定，则应修理或更换执行器。

执行器的万用表检测方法与传感器的检测方法相同。

339. 电动燃油泵的工作原理是怎样的？

电动燃油泵主要应用在柴油机共轨系统中，现以奥迪A6装备的3.0L TDI柴油机共轨系



统为例，电动燃油泵控制电路如图6-20所示。ECU通过端子18和80分别控制电源继电器和燃油泵继电器。点火开关接通后，无论发动机是否工作，ECU的端子18均经内部搭铁，使电源继电器的开关闭合；发动机起动或处于正常工作状态时，ECU的端子80均经内部搭铁，使燃油泵继电器开关闭合，燃油泵工作；发动机不工作时，ECU的端子80内部搭铁断开，燃油泵继电器开关断开，燃油泵不工作。点火开关关闭时，ECU的端子18内部搭铁断开，电源继电器开关断开，燃油泵也不能工作。

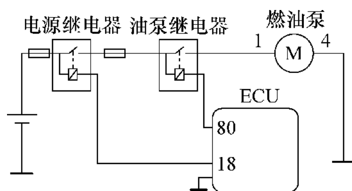


图6-20　柴油机共轨系统电动燃油泵电路

340. 怎样检测电动燃油泵？

检测电动燃油泵前，先检查蓄电池电压应不低于11.5V，关闭其他用电设备。检测方法如下：

1）拧开油箱盖，打开点火开关，间断操作起动机（或用蓄电池直接给燃油泵通电），应能听到燃油泵工作的声音，或用手捏供油软管应有压力感。

2）关闭点火开关，拆开电动燃油泵的线束连接器，在线束侧端子1和4（端子2和3为油量表传感器端子）之间连接二极管灯，如图6-21所示。打开点火开关后，二极管灯应点亮。也可用万用表测量线束侧端子1和4之间电压，应为蓄电池电压。若不符合上述要求，应检查电动燃油泵电源电路。

3）关闭点火开关，用万用表（20A电流档）和专用短接线连接线束与燃油泵之间相应端子如图6-22所示；然后打开点火开关，观察万用表读数，正常应为3.5～4.5A。也可用万用表在燃油泵侧测量端子1与4之间电阻，一般为2～3Ω。



注意：

从油箱中拆出燃油泵后，用蓄电池直接给燃油泵通电检查其工作情况，通电时间不能过长，否则会烧坏泵电动机。

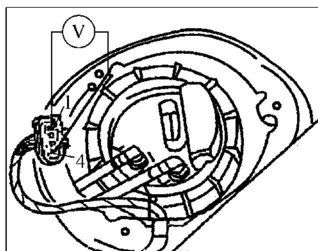


图6-21　电动燃油泵的电源电压检测

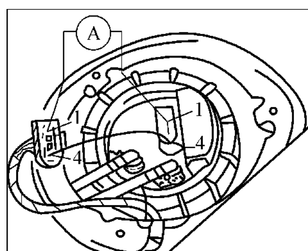


图6-22　电动燃油泵的电流检测

341. 电控分配泵的电路是怎样的？

电控分配泵中的执行元件主要包括供油正时控制电磁阀、供油量控制电子调速器或电磁阀。以捷达柴油机电控分配泵为例，其控制电路如图6-23所示，分配泵的线束连接器上有10个端子，端子1、2、3分别为油量控制滑套位置传感器的电源端子、信号端子和搭铁端

子，端子 4 和 7 分别为燃油温度传感器的信号端子和搭铁端子，端子 5 和 6 分别为电子调速器的电源（12V）端子和控制端子，端子 8 为熄火断油电磁阀（通过壳体搭铁）的控制端子，端子 9 和 10 分别为正时控制电磁阀的控制端子和电源（12V）端子。

342. 怎样检测电控分配泵？

捷达柴油机电控分配泵线束连接器如图 6-24 所示。检测方法如下：

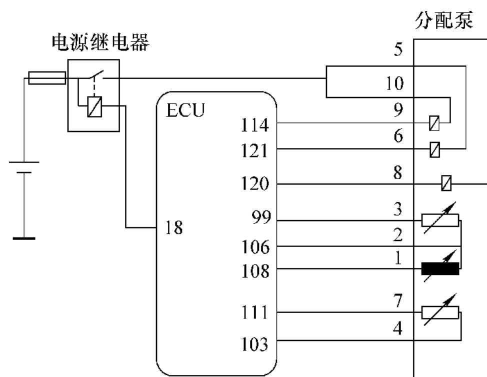


图 6-23　捷达柴油机电控分配泵电路

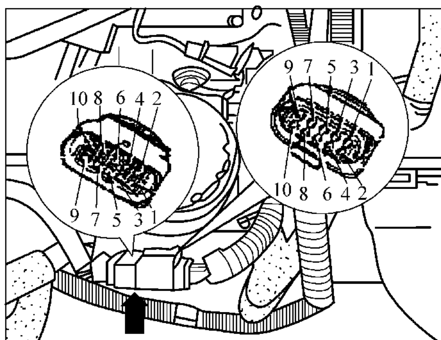


图 6-24　捷达柴油机电控分配泵线束连接器

1）关闭点火开关，拆开电控分配泵线束连接器，在分配泵一侧用万用表测量端子之间的电阻。端子 4 与 7 之间（燃油温度传感器）的电阻，30℃时对应的电阻值应为 1500 ~ 2000Ω，80℃时对应的电阻值应为 275 ~ 375Ω；端子 1 与 2、3 与 2 之间（油量控制滑套位置传感器）的电阻，正常为 4. 9 ~ 7. 5Ω；端子 5 与 6 之间（电子调速器）的电阻，正常为 0. 5 ~ 2. 5Ω；端子 9 与 10 之间（正时控制电磁阀）的电阻，正常为 12 ~ 20Ω。

2）打开点火开关，在线束侧用万用表测量电压：端子 1 与搭铁、3 与搭铁之间的电压应约为 2. 5V，端子 5 与搭铁、10 与搭铁之间的电压应约为 12V（蓄电池电压）。

343. 怎样检测喷油电磁阀？

无论是汽油机，还是柴油机，电控系统执行元件应用最多的是各种电磁阀（包括螺线管等），如分配泵供油电磁阀、喷油器电磁阀、EGR 控制电磁阀、进气节流控制电磁阀和增压控制电磁阀等。对各类电磁阀的检测主要是两项内容：电阻值及电源电压；电阻值不符合标准，说明电磁阀有故障，电源电压不符合标准，说明供电线路有故障。

现以长城车 GW2. 8TC 型柴油机博世共轨系统为例，分析喷油器电磁阀的检修。每个喷油器电磁阀有两个接线端子，每个端子与 ECU 的对应端子相连，每个喷油器，有唯一的 IQA（Injector Quantity Adjustment）码。

1）外线路检查。如图 6-25 所示。用万用表的电阻档，分别测量各喷油器电磁阀与 ECU 对应端子之间的电阻值，来判断外线路是否存在短路及断路故障。

2）电磁阀电阻值测量。关闭点火开关，分别拔下各喷油器电磁阀插头，测量各电磁阀侧 1 与 2 端子间的电阻值，正常情况下，两端子之间的电阻值应在 0. 2 ~ 0. 4Ω。

3）电磁阀工作电流检查。柴油机工作时喷油器的峰值电流为 18A 左右，保持电流为 12A 左右。

4）电磁阀工作电压检查。在起动柴油机情况下，喷油器电磁阀端子处应有 5V 脉冲电



压输入；或用试灯（需串联 300Ω 左右的电阻）连接喷油器电磁阀两个端子，起动时试灯应时亮时灭。

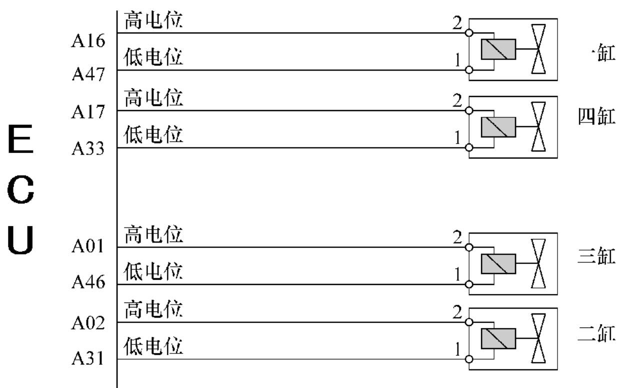


图 6-25　喷油器电磁阀与 ECU 的电路连接

5）数据流检测。用 X-431 故障诊断仪可以读取“当前系统喷油量”、“当前系统喷油占空比”和“主喷修正量”3 个参数的数据流。

344. EGR 控制系统的工作原理是怎样的?

EGR 控制系统有开环 EGR 控制系统和闭环 EGR 控制系统两种。

（1）开环 EGR 控制系统主要由 EGR 阀和 EGR 电磁阀等组成

工作原理：EGR 阀安装在废气再循环通道中，用于控制废气再循环量。EGR 电磁阀安装在废气再循环真空通道中，ECU 根据柴油机冷却液温度、油门开度、转速和起动等信号来控制电磁阀的通电或断电。EGR 电磁阀断电时，控制 EGR 阀的真空通道接通，EGR 阀开启，进行废气再循环；EGR 电磁阀通电时，控制 EGR 阀的真空度通道被切断，EGR 阀关闭，停止废气再循环。

（2）闭环 EGR 控制系统

闭环 EGR 控制系统，检测实际的 EGR 率或 EGR 阀开度作为反馈控制信号，其控制精度更高。与开环控制系统相比，只是在 EGR 阀上增设一个 EGR 阀开度传感器。

控制原理：EGR 率传感器安装在进气总管中的稳压箱上，新鲜空气经节气门进入稳压箱，参与再循环的废气经 EGR 电磁阀进入稳压箱，传感器检测稳压箱内气体中的氧含量，并转换成电信号输送给 ECU，ECU 根据此反馈信号修正 EGR 电磁阀的开度，使 EGR 率保持在最佳值。

345. 怎样检修 EGR 控制系统?

若 EGR 控制系统工作不良，会造成柴油机排气污染增加、功率下降、怠速运转不稳定，甚至熄火。

1）EGR 控制系统的初步检查：检查器真空软管有无破损，接头处有无松动、漏气等。

2）EGR 控制系统的着车检查，步骤如下：

① 起动柴油机，使柴油机怠速运转，将手指按在 EGR 阀上，检查 EGR 阀有无动作，如图 6-26 所示。

② 在柴油机冷车状态下踩下加速踏板，使柴油机转速上升至2000r/min，此时手指应感觉不到EGR阀膜片动作（EGR阀不工作）。

③ 柴油机在热车后在踩下加速踏板，使柴油机转速上升到2000r/min，此时手指应能感觉到EGR阀膜片动作（EGR阀开启）。

图6-26　手指按在EGR阀上

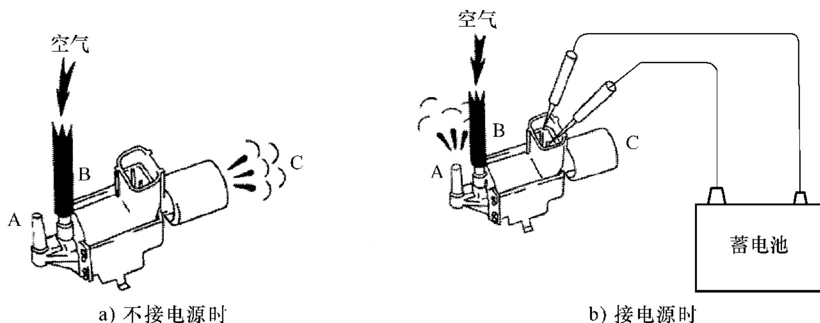
346. 怎样检修EGR电磁阀？

检修EGR电磁阀方法如下：

1）将点火开关置于“OFF”位置，拔下EGR电磁阀线束连接器，用万用表电阻档测量电磁阀电磁线圈的电阻，其阻值应符合规定（一般为20～500Ω），否则，应更换EGR电磁阀。

2）拔下与EGR电磁阀相连的各真空软管，从柴油机上拆下EGR电磁阀。

3）在EGR电磁阀的电磁线圈不接电源时检查各管口之间是否通气。此时，EGR电磁阀上的管接口A与B、A与C之间应不通气，但管接口B与C之间应通气，如图6-27a所示。否则，应更换EGR电磁阀。



a) 不接电源时　　b) 接电源时

图6-27　EGR电磁阀的检修

4）EGR电磁阀线圈接电源，如图6-30b所示。此时，EGR电磁阀管接口A与B之间应通气，而管接口A与C、B与C之间应不通气。否则，EGR电磁阀损坏，应更换。

347. 怎样检修EGR阀？

检修EGR阀方法如下：

1）起动柴油机，使柴油机怠速运转。

2）拔下连接EGR阀与废气调整阀的真空软管。

3）用手动真空泵对EGR阀施加19.95kPa的真空度，如图6-28所示。若此时柴油机怠速运转情况变坏甚至熄火，说明EGR阀正常工作。若柴油机运转情况无变化，则是EGR阀损坏，则应更换。

对设有位置传感器的EGR阀，可在柴油机停机情况下拔下EGR阀位置传感器的导线连接器，用万用表电阻档检测连接器端子B与C之间的电阻，其电阻值应符合

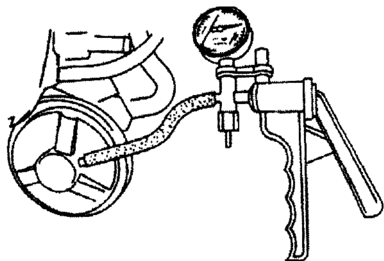


图6-28　EGR阀的检查



规定。然后拔下连接EGR阀与废气调整阀的真空软管，并在用手动真空泵对EGR阀真空室加真空的同时，用万用表电阻档测量EGR阀位置传感器连接端子A与C之间的电阻值，电阻值应随着真空度的增大而连续增大，不允许有间断现象；否则，EGR阀损坏，则应更换。

348. 怎样检测预热传感器?

现以宝来柴油机为例，其预热系统电路如图6-29所示。ECU通过电源继电器和热继电器控制预热塞工作。点火开关接通后，ECU的端子18经内部搭铁使电源继电器内线圈的电路连通，电源继电器的开关闭合；当冷却液温度或进气温度低于设定值时，ECU的端子42经内部搭铁使预热继电器内线圈的电路连通，预热继电器的开关闭合，蓄电池经熔丝和预热继电器向预热塞供电，以对进气进行预热。

除电磁阀（电磁线圈）外，继电器是电控系统应用最多的执行元件。在发动机电控系统中，ECU主要通过控制继电器来实现对执行元件电路通断的控制，进而控制执行元件是否工作。继电器实际就是一个由ECU（或其他装置）控制的电路开关，发动机电控系统中，常用的继电器主要有电源继电器（主继电器），燃油泵继电器、冷却风扇继电器、预热继电器等，其结构原理和检测方法基本相同。继电器通常有4个端子，其检测方法如下：

1）拆下继电器，用万用表检测继电器线圈的两个端子之间电阻，应不为∞（无断路）。

2）用万用表检测继电器开关的两个端子之间电阻，应不为0（无短路）。

3）用蓄电池或稳压电源给继电器线圈施加12V电压，用万用表检测继电器开关的两个端子之间电阻，应为O（导通）。

349. 怎样检测预热塞?

预热塞的检测方法如下：

1）关闭点火开关，拆开预热塞线束连接器线圈施加12V电压。

2）将二极管灯的一端连接到蓄电池正极上，用二极管灯的另一端分别触试预热塞（如图6-30所示），二极管灯应点亮。如果用二极管灯的另一端触试预热塞时，二极管灯不亮，说明预热塞有故障。

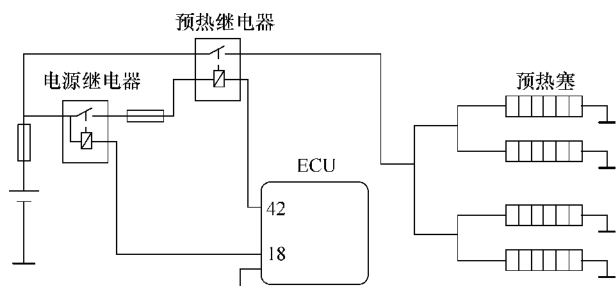


图6-29　起动预热控制系统电路

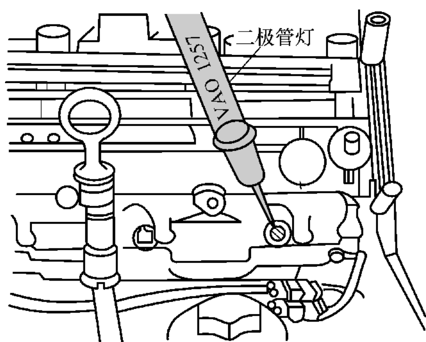


图6-30　检测预热塞

第七章 柴油机电控系统的故障诊断与排除

一、故障诊断的原则和方法

350. 柴油机电控系统故障诊断的基本原则是怎样的？

电控柴油发动机的电子控制系统是一个精密而复杂的系统，其故障的诊断也较为困难。而造成电控发动机不工作或工作不正常的原因可能是电子控制系统，也有可能是除电子控制系统外其他部分的问题，因而故障检查的难易程度也不一样。如果能够遵循故障诊断的一些基本原则，就可以用较为简单的方法准确而迅速地找出故障所在。

电控发动机进行故障诊断一般应遵循的原则是：先简后繁、先易后难，先思后行、先熟后生，先上后下、先外后内，先备后用、故障码优先。

351. 怎样运用先简后繁、先易后难的诊断原则？

发动机电控系统的结构和发生故障的原因十分复杂，为避免在故障诊断过程中走弯路，应首先借助简单工具，能以简单方法检查的部位应先予以检查。利用眼看、鼻闻、耳听、手摸等手段进行简单检查，如：观察故障指示灯是否点亮，观察线束和连接器是否有断裂、松脱，观察进气管路有无破损，观察燃油系统有无泄漏痕迹等；闻一闻有无电器线路或元件烧焦的气味；听一听发动机有无异响，怠速转速是否平衡，有无漏气声等；用手摸一摸相关电控元件、继电器、可疑的线束连接器是否有松动，摸一摸电控元件的温度有无异常，摸一摸喷油器、电磁阀是否有规律地振动等。如果通过简单检查诊断不出故障原因的，需借助于仪器设备或其他专用工具来进行故障诊断时，也应优先对就车检查的项目、采用简单仪器设备的项目、较容易检查的项目进行检查，然后再进行拆卸检查、使用较复杂仪器设备检查、对较困难的项目检查。

352. 怎样运用先思后行、先熟后生的诊断原则？

在对电控系统进行故障诊断时，应首先利用自己所掌握的专业知识和经验，对发动机的故障现象先进行故障分析，了解可能的故障原因有哪些，然后再进行故障检查。这样可避免故障检查的盲目性，既不会对与故障现象无关的部位做无效的检查，又可避免对一些有关部位漏检而不能迅速排除故障。

由于结构和使用环境等原因，发动机的某一故障现象往往是以某些总成或部件出现故障最为常见，维修人员根据平时积累的经验，应先对这些常见故障部位进行检查。若未找出故障原因，再对其他不常见的可能发生故障的部位予以检查。这样做，可以迅速地找到故障原因，省时省力。

353. 怎样运用先上后下、先外后内的诊断原则？

随着电控系统在汽车上的应用越来越多，在发动机出现故障时，先对电子控制系统以外的可能发生故障的部位予以检查。这样可避免本来是一个与电子控制系统无关的故障，却对系统的传感器、控制器、执行器及线路等进行复杂且又费时费力的检查，结果真正的故障可



能较容易找到却因为复杂化的检查而未能找到。

由于汽车零部件和线束的数量不断增加，尤其是发动机室内几乎没有闲余空间，有时为了进行某项检查，需要拆除周围很多的零部件，因此，掌握好先上后下、先外后内的原则，对省工省时十分有益。

354. 怎样运用先备后用、故障码优先的诊断原则？

对电控系统进行故障诊断时，确定电控元件性能好坏、线路是否正常，常以其精确的电压或电阻等参数值来判断，如果没有这些数据资料，而且不具备采用换件法诊断故障的条件，将无法进行故障诊断。“先备后用”就是要求在进行故障诊断前，先准备好维修资料以备后用。维修资料除从维修手册、专业书刊上收集整理外，另一个有效的途径就是对无故障车辆进行测量并记录下来，平时注意做好资料收集工作，会给故障诊断带来方便。

电子控制系统的一些部件性能好坏，电气线路正常与否，常以其电压或电阻等参数来判断。如果没有这些数据资料，系统的故障检查将会很困难，往往只能采取新件替换的方法，这些方法有时会造成维修费用猛增且费工费时。因此在检修该型车辆时，应准备好维修车型的有关数据资料。除了从维修手册、专业书刊上收集整理这些检修数据资料外，另一个有效的途径是利用无故障车辆对其系统的有关参数进行测量，并记录下来，作为日后检修同类型车辆的检测比较参数。如果平时注意做好这项工作，会给系统的故障检查带来方便。

电子控制系统一般都有故障自诊断功能。当电控发动机运行时，故障自系统监测到故障后，以故障码的形式将该故障储存到 ECU 的存储器内，同时通过“检测发动机”等故障指示灯向驾驶人报警。这时可人工或仪器读取故障码，并检查和排除故障码所指的故障部位。待故障码所指的故障消除后，如果发动机故障现象还未消除，或者开始就无故障码输出，则再对发动机可能的机械故障部位进行检查。

355. 电控柴油机故障诊断时应注意哪些事项？

电控发动机的故障并非一定出在电子控制系统。如果发现发动机有故障，而故障指示灯并未点亮（未显示故障码），大多数情况下，该故障可能与发动机电控系统无关。此时，就应该像发动机没有装电控系统那样，按照基本诊断程序进行故障检查。否则，可能遇到一个本来与电控系统无关的故障，却检查电控系统的传感器、执行器和电路等，花费了很多时间，而真正的故障反而没有找到。

356. 电控柴油机故障诊断的一般方法是怎样的？

电控柴油机故障诊断的一般方法有：观察法、听诊法、断缸法、比较法、故障指示灯和专用诊断仪法等。

1）观察法。通过观察柴油机的排烟等故障特征，判断故障情况。

2）听诊法。根据柴油机异常声音，凭听觉判断故障部位、性质。

3）断缸法。停止某缸，借以判断故障是否出现在该缸。断缸法一般是将怀疑出现故障的气缸停止供油，比较断缸前后发动机的状态变化，为进一步查找故障部位、原因、缩小检查范围。

4）比较法。更换某些总成或零部件以确定其是否存在故障。

5）故障指示灯。当车辆出现故障时，可以通过整车仪表板上的故障指示灯读出故障码（俗称闪码），参照故障码表初步判断错误原因。

6）专用诊断仪。用专用故障诊断仪可以进行较进一步的判断。





注意：

判断柴油机故障形成的原因是一项很仔细的工作，在未弄清楚故障原因之前，对柴油机不得乱拆乱卸，否则不仅不能消除故障，反而会因拆卸后装配不当造成严重的故障。对高压油泵、增压器等关键零部件，维修检查不仅要有专用的仪器设备，还需要具有一定经验的人员，因此没有经验和条件的人员不要对柴油机随意进行拆卸调整。

357. 电控发动机故障诊断的基本方法有哪些？

电控发动机故障诊断按其诊断的深度可分为初步诊断和深入诊断。初步诊断是根据故障的现象，判断出故障产生原因的大致范围。深入诊断是根据初步诊断的结果对故障原因进行分析、查找，直到找出产生故障的具体部位。

电控发动机故障诊断按所采用的手段可分为：直观诊断、利用自诊断系统诊断、利用简单仪表诊断和利用专用诊断仪诊断。

358. 怎样运用直观诊断法？

直观诊断就是通过人的感觉器官对汽车故障现象进行看、问、听、试、嗅等，了解和掌握故障现象的特点，通过人的大脑进行分析、判断得出结论的诊断方法。

这种诊断方法的特点是：诊断方法简单，设备费用低，主要用于对电控系统和电气装置的诊断。因此，这种诊断方法可用于对故障进行深入诊断。其缺点是：对操作者的要求较高，在利用简单仪表诊断时，操作者必须对系统的结构和线路连接情况有相当详细的了解，才可能取得满意的诊断效果。

（1）看

看即目测检查，其目的是了解电控发动机的电控系统类型、车型，在进入更为细致的测试和诊断之前，能消除一些一般性的故障原因。

① 看车型和电控系统类型。因为不同公司、不同型号的汽车，电控燃油喷射系统的形式有所不同，其故障诊断方法也不同。

② 检查电控系统线束和连接器的连接状况。

③ 检查每个传感器和执行器有无明显的损伤。

④ 运转发动机，根据运转状态检查发动机的相关现象。

（2）问

详细了解故障出现时的情形、条件、如何发生以及是否已检修过等与故障有关的情况和信息。

（3）听

主要是听发动机工作时的声音：有无工作粗暴，有无敲缸，有无转速异常下降等。

（4）试

根据前述检查，有针对性地试车，以便进一步确定故障。

359. 怎样运用随车自诊断系统诊断故障？

随车故障自诊断系统可以对系统的故障进行自诊断，在电控发动机故障诊断中是一种简便快捷的诊断方法，但是其诊断的范围和深度远远满足不了实际使用中对故障诊断的要求。因此，以



直观诊断方法为主进行检查和判断的工作在任何时候对任何系统来说，都是不可替代的。

随车自诊断系统通常只能提供与电控系统有关的电气装置或线路故障诊断，一般只能做出初步诊断结论，具体故障原因，还需要通过直接诊断和简单仪器进行深入诊断。

360. 运用简单仪表诊断故障的方法有几种?

运用简单仪表诊断，就是利用以万用表和示波器为主的通用仪表，对电控发动机故障进行诊断的方法。

361. 怎样运用专用诊断仪诊断法?

采用专用诊断仪可大大提高对电子控制系统的诊断效率。因此，电脑故障诊断仪一般适用于服务站作为专业化的故障诊断，可为准确判断故障提供有利的依据。

362. 电控柴油机故障诊断基本程序是怎样的?

电控柴油机进行故障诊断基本程序如下：

（1）向车主调查

通过与车主或有关人员的交谈，了解故障发生的时间、现象、故障发生前后的情况、近期检修情况等，从而为诊断提供线索，为进一步检查提出方向。

（2）外部检查直观诊断

外部检查的目的是排除一般性的故障成因，避免走弯路。外部检查的主要内容包括：检查各真空软管是否损坏、是否连接错误、是否堵塞，检查各线束连接器是否连接可靠，检查发动机有无明显的漏油、漏气或外部损伤现象等。

（3）读取故障码

如果“故障指示灯”点亮，按规定程序读取故障码并验证故障码，查清故障码表示的故障是否存在，即是否故障已排除，而其故障码仍未清除。若存在，则按故障码提示对相关传感器执行元件及其电路进行检查。

在汽车使用中，如果故障现象时隐时现，而且有故障码，但按故障码提示又检查不出故障原因，应按间歇性故障进行检查。

在车辆使用中，如果故障症状明显，“故障指示灯”不亮，读取故障码时显示正常码，应按无故障码进行检查。

若无故障码，对有明显故障征兆的，可用诊断仪、示波器、万用表等读取有关发动机数据，进行数值、波形分析；并依据分析结果，检查有关部件，视需要进行维修或更换。若无明显故障征兆，则采用症状模拟方法对故障进行分析，以进一步检查故障的原因。

（4）检测

只有在进行检测后才能最终判定故障的位置和找到产生故障的原因。检测包括的内容很多，如：信号检测、数据检测、压力检测、执行器动作检测等，涉及的检测仪器也较复杂，要求能够正确选择和使用检测仪器。

（5）试验

确定准确的故障原因并进行修理后，必须进行试验，以确认故障是否被排除，并检查维修后的效果等。通过试验，在确定维修合格后，要进行故障码的清除工作。

若有故障码，则根据故障码的内容检查并排除故障。

重新起动发动机，验证故障是否已排除。若故障未排除，则继续检查故障原因。

二、电控系统故障诊断

363. 怎样诊断间歇性故障？

间歇性故障是指受外界因素（如温度、受潮、振动等）影响而有时存在、有时又自动消失的故障。

在排除故障时，应对故障进行彻底的全面分析，然后模拟与车辆出现故障时相同或相似的条件和环境，使故障再现，从而验证故障征兆，诊断故障，并找出有故障的部件或零件。例如，对于那些只有在发动机冷态下才出现的故障，或者车辆行驶时由于振动引起的问题等，都不能仅仅根据发动机热态和车辆静止时对故障征兆的验证来确诊。再者，振动、高温和潮湿等可能引起的故障难以在使用中再现。因此故障征兆模拟试验便成为一种诊断故障的有效方法，这种试验可以在车辆静止的情况下进行。

在模拟试验前，应缩小可能发生故障电路的范围，然后进行试验，判断被测试的电路是否正常，同时也验证故障征兆。

间歇性故障一般不会长时间出现，所以在故障诊断时，用上述方法使故障再现后，应抓住机会根据故障码提示和故障现象迅速对故障进行诊断。

364. 怎样运用振动法？

电控系统线路接触不良或元件安装不牢固等引发的故障，汽车行驶中由于振动往往会使故障现象时隐时现。遇此类故障可用振动法进行试验，可使发动机维持怠速运转，在垂直和水平方向轻轻摇动连接器插接件，并仔细检查连接器两端导线是否松脱或断路；在上下左右各方向轻轻摇动配线，并仔细检查导线塑料外套有无破损，连接点有无松脱或断路，如图7-1所示；用手轻拍装有传感器的部件，观察发动机故障是否再现，如果故障出现，说明摇动的线路或轻拍部位的传感器有故障。

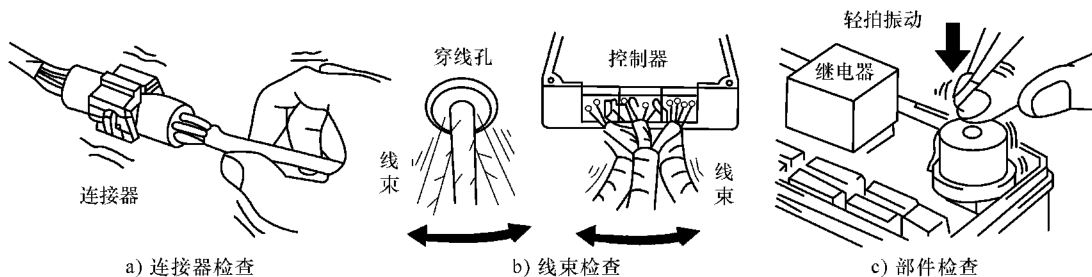


图7-1　用振动法模拟故障


注意：

不能用力拍打继电器，否则可能会造成继电器断路；对传感器进行振动试验时，可用万用表测量其输出信号有无异常变化，以确定该传感器是否有故障。

365. 怎样运用加热法？

如果故障只在热机时出现，怀疑某一部分可能是受热而引起故障时，可用加热法模拟试



验。如图 7-2 所示，用电吹风或其他加热器件、设备对怀疑有故障的零部件或传感器进行加热，如果加热某元件时故障再现，说明该元件有故障。

此方法还能修复由于受潮而引起故障的部件。但必须注意加热温度不得高于 60℃，以免损坏电子元器件。

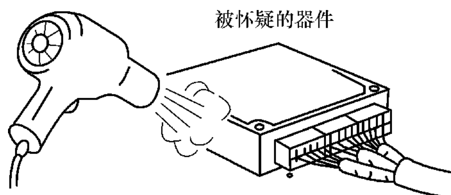


图 7-2　用加热法模拟故障


注意：

不能对 ECU 中的元件直接加热，且加热温度应不超过 60℃。

366. 怎样运用水淋法？

如果故障只在雨天、洗车后或高湿度环境下出现，可用水喷淋车辆使故障再现，如图 7-3 所示，以便根据故障现象分析判断故障原因。


注意：

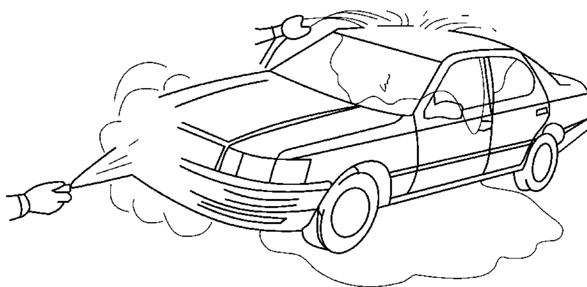
不能用水直接喷淋电控系统元件，而应将水喷淋在发动机散热器前面，间接改变发动机室内的湿度。

367. 怎样运用电器全部接通法？

如果怀疑因用电负荷过大而引起故障时，可逐个接通电器负载，直到接通全部用电设备，检查故障是否再现。

368. 怎样运用道路试验法？

有些故障只在特定的行驶状态下出现，则必须通过道路试验的方法使故障再现，以便查明故障原因。


图 7-3　用水淋法模拟故障

369. 什么是无故障码故障？

无故障码故障是指在汽车使用中，有明显的故障现象，但“故障指示灯”不亮，按规定程序读取故障码时，显示正常码。

自诊断系统只能监测电控系统电路，这包含两点：一是如果故障不属于电路，也就不可能有故障码；二是不属于电控系统的电路（如起动系统、充电系统等）故障，也不会存储故障码。因此，无故障码故障往往与电控系统无关，此时应按非电控发动机故障的诊断步骤进行排查，切记不要盲目检查电控系统的 ECU、执行元件、传感器和电路，否则不仅徒劳无功，稍有不慎反会损坏电控元件。

此外，自诊断系统一般只能监测信号的范围，不能监测传感器特性的变化。若因某种原因只是使传感器信号的特性发生了变化，并不能产生故障码。例如，发动机冷却液温度传感器的阻值有一个正常的工作范围，一旦阻值超出此范围，自诊断系统马上会产生故障码；但是假如该传感器的特性（指温度和阻值的对应关系）发生变化，但阻值依然在此范围内，发动机会工作不良，故障指示灯却并不会亮，当然也无故障码。

维修人员不应因为无故障码，就认为肯定无故障，以免走弯路。这时应该根据发动机的故障现象进行综合分析判断，有条件的还应用专用诊断仪读取相关数据块、分析波形，继而对传感器单体进行有针对性的检测，以找到并排除传感器故障。

如果故障指示灯亮，却调不出故障码，则可能是故障指示灯电路搭铁故障。

370. 怎样诊断非共轨型柴油机无故障码故障？

非共轨型柴油机无故障码故障诊断与排除见表 7-1。

表 7-1　非共轨型柴油机无故障码故障诊断与排除

故障现象	可能故障原因	故障排除
发动机不能转动	1）起动机 2）起动继电器 3）空档起动开关	1）检查起动机 2）检查起动继电器 3）检查空档起动开关及其电路
低温起动困难	1）预热系统 2）STA 信号电路 3）燃油系统 4）发动机 ECU	1）检查预热塞及其电路 2）检查 STA 信号电路 3）检查喷油泵、喷油器和燃油滤清器 4）检查发动机 ECU
热起动困难	1）STA 信号 2）燃油系统 3）压缩压力 4）发动机 ECU	1）检查 STA 信号电路 2）检查喷油泵、喷油器和燃油滤清器 3）检查压缩压力 4）检查发动机 ECU
发动机起动后经常熄火	1）ECU 电源电路 2）燃油系统 3）发动机 ECU	1）检查 ECU 电源电路 2）检查燃油滤清器和喷油泵 3）检查发动机 ECU
发动机失速	1）ECU 电源电路 2）喷油量控制阀继电器电路 3）发动机 ECU 4）喷油泵	1）检查 ECU 电源电路 2）检查喷油量控制阀继电器电路 3）检查发动机 ECU 4）检查喷油泵
怠速过高	1）A/C 信号 2）STA 信号 3）喷油泵 4）发动机 ECU	1）检查 A/C 信号电路 2）检查 STA 信号电路 3）检查喷油泵 4）检查发动机 ECU
怠速过低	1）A/C 信号 2）气门间隙 3）压缩压力 4）燃油管路有空气 5）燃油系统 6）EGR 系统 7）发动机 ECU	1）检查 A/C 信号电路 2）检查气门间隙 3）检查压缩压力 4）检查燃油系统排气 5）检查喷油器和喷油泵 6）检查 EGR 系统 7）检查发动机 ECU
怠速不稳	1）燃油管路有空气 2）气门间隙 3）压缩压力 4）预热系统 5）燃油系统 6）EGR 系统 7）发动机 ECU	1）检查燃油系统排气 2）检查气门间隙 3）检查压缩压力 4）检查预热系统 5）检查喷油器和喷油泵 6）检查 EGR 系统 7）检查发动机 ECU



（续）

故障现象	可能故障原因	故障排除
加速不良	1）压缩压力 2）燃油系统 3）EGR 系统 4）发动机 ECU	1）检查压缩压力 2）检查喷油泵、喷油器和燃油滤清器 3）检查 EGR 系统 4）检查发动机 ECU
工作粗暴	1）燃油系统 2）EGR 系统 3）发动机 ECU	1）检查喷油器 2）检查 EGR 系统 3）检查发动机 ECU
冒黑烟	1）燃油系统 2）EGR 系统 3）发动机 ECU	1）检查喷油器 2）检查 EGR 系统 3）检查发动机 ECU
冒白烟	1）燃油系统 2）预热系统 3）EGR 系统 4）发动机 ECU	1）检查喷油泵、喷油器和燃油滤清器 2）检查预热系统 3）检查 EGR 系统 4）检查发动机 ECU
喘振（转速波动）	1）燃油系统 2）发动机 ECU	1）检查喷油器和喷油泵 2）检查发动机 ECU
发动机不能起动	1）起动机 2）起动继电器 3）空档起动开关	1）检查起动机 2）检查起动继电器 3）检查空档起动开关及其电路
低温起动困难	1）预热系统 2）STA 信号电路 3）燃油系统 4）燃油压力传感器 5）进气节流控制系统 6）发动机 ECU	1）检查预热塞及其电路 2）检查 STA 信号电路 3）检查输油泵、喷油器和燃油滤清器 4）检查燃油压力传感器 5）检查进气节流控制系统 6）检查发动机 ECU
热起动困难	1）压缩压力 2）STA 信号电路 3）燃油系统 4）燃油压力传感器 5）进气节流控制系统 6）发动机 ECU	1）检查压缩压力 2）检查 STA 信号电路 3）检查输油泵、喷油器和燃油滤清器 4）检查燃油压力传感器 5）检查进气节流控制系统 6）检查发动机 ECU
发动机起动后经常熄火	1）ECU 电源电路 2）燃油系统 3）进气节流控制系统 4）燃油压力传感器 5）发动机 ECU	1）检查 ECU 电源电路 2）检查燃油滤清器和输油泵 3）检查进气节流控制系统 4）检查燃油压力传感器 5）检查发动机 ECU
怠速过高	1）A/C 信号 2）STA 信号 3）输油泵 4）燃油压力传感器 5）发动机 ECU	1）检查 A/C 信号电路 2）检查 STA 信号电路 3）检查输油泵 4）检查燃油压力传感器 5）检查发动机 ECU

（续）

故 障 现 象	可能故障原因	故 障 排 除
怠速过低	1）A/C 信号 2）气门间隙 3）压缩压力 4）燃油管路有空气 5）燃油系统 6）EGR 系统 7）燃油压力传感器 8）进气节流控制系统 9）发动机 ECU	1）检查 A/C 信号电路 2）检查气门间隙 3）检查压缩压力 4）检查燃油系统排气 5）检查喷油器和输油泵 6）检查 EGR 系统 7）检查燃油压力传感器 8）检查进气节流控制系统 9）检查发动机 ECU
怠速不稳	1）燃油管路有空气 2）气门间隙 3）压缩压力 4）燃油系统 5）EGR 系统 6）燃油压力传感器 7）进气节流控制系统 8）发动机 ECU	1）检查燃油系统排气 2）检查气门间隙 3）检查压缩压力 4）检查喷油器和输油泵 5）检查 EGR 系统 6）检查燃油压力传感器 7）检查进气节流控制系统 8）检查发动机 ECU
加速不良	1）压缩压力 2）燃油系统 3）EGR 系统 4）燃油压力传感器 5）进气节流控制系统 6）发动机 ECU	1）检查压缩压力 2）检查输油泵、喷油器和燃油滤清器 3）检查 EGR 系统 4）检查燃油压力传感器 5）检查进气节流控制系统 6）检查发动机 ECU
工作粗暴	1）燃油系统 2）EGR 系统 3）燃油压力传感器	1）检查喷油器和输油泵 2）检查 EGR 系统 3）检查燃油压力传感器
冒黑烟	1）燃油系统 2）EGR 系统 3）燃油压力传感器 4）进气节流控制系统 5）发动机 ECU	1）检查喷油器和输油泵 2）检查 EGR 系统 3）检查燃油压力传感器 4）检查进气节流控制系统 5）检查发动机 ECU
冒白烟	1）燃油系统 2）预热系统 3）EGR 系统 4）燃油压力传感器 5）进气节流控制系统 6）发动机 ECU	1）检查输油泵和燃油滤清器 2）检查预热系统 3）检查 EGR 系统 4）检查燃油压力传感器 5）检查进气节流控制系统 6）检查发动机 ECU
喘振（转速波动）	1）燃油系统 2）燃油压力传感器 3）发动机 ECU	1）检查喷油器和输油泵 2）检查燃油压力传感器 3）检查发动机 ECU



371. 怎样诊断共轨电控柴油机故障?

现以丰田电控柴油车为例，介绍共轨电控柴油机故障的诊断与排除方法，见表7-2。

表7-2 共轨型电控柴油机故障诊断与排除

故障现象	可能故障原因	故障排除
不起动	1）起动机 2）起动机继电器 3）空档起动开关电路（A/T）	1）检查起动机 2）检查起动机继电器 3）检修空档起动开关电路（A/T）及空档起动开关
冷态时发动机难于起动	1）STA信号电路 2）喷油器 3）燃料滤清器 4）发动机ECU 5）输油泵 6）燃油压力传感器 7）柴油机节流阀	1）检查STA信号电路 2）检查喷油器 3）检查燃料滤清器 4）检查发动机ECU 5）检查输油泵 6）检查燃油压力传感器 7）检查柴油机节流阀
热态发动机难于起动	1）STA信号电路 2）喷油器 3）燃油滤清器 4）压缩压力 5）发动机ECU 6）输油泵 7）检查燃油压力传感器 8）柴油机节流阀	1）检查STA信号电路 2）检查喷油器 3）检查燃油滤清器 4）检查压缩压力 5）检查发动机ECU 6）检查输油泵 7）检查燃油压力传感器 8）检查柴油机节流阀
发动机起动后不久熄火	1）燃油滤清器 2）喷油器 3）ECU电源电路 4）发动机ECU 5）输油泵 6）燃油压力传感器 7）柴油机节流阀	1）检查燃油滤清器 2）检查喷油器 3）检查ECU电源电路 4）检查发动机ECU 5）检查输油泵 6）检查燃油压力传感器 7）检查柴油机节流阀
最初怠速不正确（怠速不良）	1）燃料滤清器 2）喷油器 3）发动机ECU 4）输油泵 5）燃油压力传感器	1）检查燃料滤清器 2）检查喷油器 3）检查发动机ECU 4）检查输油泵 5）检查燃油压力传感器
发动机怠速过高（怠速不良）	1）A/C信号电路 2）喷油器 3）STA信号电路 4）发动机ECU 5）输油泵 6）燃油压力传感器	1）检查A/C信号电路 2）检查喷油器 3）检查STA信号电路 4）检查发动机ECU 5）检查输油泵 6）检查燃油压力传感器

（续）

故 障 现 象	可能故障原因	故 障 排 除
发动机怠速过低（怠速不良）	1）A/C 信号电路 2）喷油器 3）EGR 控制电路 4）压缩压力 5）气门间隙 6）燃油管路（混有空气） 7）发动机 ECU 8）输油泵 9）燃油压力传感器 10）柴油机节流阀	1）检查 A/C 信号电路 2）检查喷油器 3）检查 EGR 控制电路 4）检查压缩压力 5）检查气门间隙 6）检查燃油管路（混有空气） 7）检查发动机 ECU 8）检查输油泵 9）检查燃油压力传感器 10）检查柴油机节流阀
怠速抖动（怠速运转不良）	1）喷油器 2）燃油管路（混有空气） 3）EGR 控制电路 4）压缩压力 5）气门间隙 6）发动机 ECU 7）输油泵 8）燃油压力传感器 9）柴油机节流阀	1）检查喷油器 2）检查燃油管路（混有空气） 3）检查 EGR 控制电路 4）检查压缩压力 5）检查气门间隙 6）检查发动机 ECU 7）检查输油泵 8）检查燃油压力传感器 9）检查柴油机节流阀
热态发动机喘振（怠速运转不良）	1）喷油器 2）ECU 电源电路 3）压缩压力 4）燃油管路（混有空气） 5）气门间隙 6）发动机 ECU 7）输油泵 8）燃油压力传感器 9）柴油机节流阀	1）检查喷油器 2）检查 ECU 电源电路 3）检查压缩压力 4）检查燃油管路（混有空气） 5）检查气门间隙 6）检查发动机 ECU 7）检查输油泵 8）检查燃油压力传感器 9）检查柴油机节流阀
冷态发动机喘振（怠速运转不良）	1）喷油器 2）ECU 电源电路 3）压缩压力 4）燃油管路（混有空气） 5）气门间隙 6）发动机 ECU 7）输油泵 8）燃油压力传感器 9）柴油机节流阀	1）检查喷油器 2）检查 ECU 电源电路 3）检查压缩压力 4）检查燃油管路（混有空气） 5）检查气门间隙 6）检查发动机 ECU 7）检查输油泵 8）检查燃油压力传感器 9）检查柴油机节流阀



（续）

故障现象	可能故障原因	故障排除
加速迟缓/加速不良（驾驶性能不良）	1）喷油器 2）燃油滤清器 3）EGR 控制电路 4）压缩压力 5）发动机 ECU 6）输油泵 7）燃油压力传感器 8）柴油机节流阀	1）检查喷油器 2）检查燃油滤清器 3）检查 EGR 控制电路 4）检查压缩压力 5）检查发动机 ECU 6）检查输油泵 7）检查燃油压力传感器 8）检查柴油机节流阀
爆燃（驾驶性能不良）	1）喷油器 2）EGR 控制电路 3）输油泵 4）燃油压力传感器	1）检查喷油器 2）检查 EGR 控制电路 3）检查输油泵 4）检查燃油压力传感器
排气冒黑烟（驾驶性能不良）	1）喷油器 2）EGR 控制电路 3）输油泵 4）燃油压力传感器 5）柴油机节流阀	1）检查喷油器 2）检查 EGR 控制电路 3）检查输油泵 4）检查燃油压力传感器 5）检查柴油机节流阀
无烟（驾驶性能不良）	1）EGR 控制电路 2）燃油滤清器 3）发动机 ECU 4）输油泵 5）燃油压力传感器 6）柴油机节流阀	1）检查 EGR 控制电路 2）检查燃油滤清器 3）检查发动机 ECU 4）检查输油泵 5）检查燃油压力传感器 6）检查柴油机节流阀
喘振/转速波动（驾驶性能不良）	1）喷油器 2）发动机 ECU 3）输油泵 4）燃油压力传感器	1）检查喷油器 2）检查发动机 ECU 3）检查输油泵 4）检查燃油压力传感器

372. 电控共轨柴油机的自保护功能有哪些?

共轨柴油机一般都有自保护功能，以朝柴电控共轨柴油机为例，其自保护功能如下：

1）冷却液温度高时的保护。当冷却液温度高于95℃时，诊断系统将限制柴油机负荷不超过80%。

2）冷却液温度过高的保护。当冷却液温度高于110℃时，诊断系统将使柴油机停止运行，在运行停止前故障指示灯的红灯点亮，柴油机在约1min之后停机。

3）冷却液温度低时的保护。当冷却液温度低于60℃时，诊断系统禁止柴油机全负荷工作，允许最大负荷为80%。为防止冷却液在60℃左右时出现负荷的突变（80%突变为100%），只有驾驶人松一下加速踏板，诊断系统才允许柴油机全负荷运转。

4）喷射通道故障时的保护。当仅有一缸喷射通道出现故障时，诊断系统禁止柴油机全负荷工作，允许最大负荷为20%。

5）喷射通道严重故障时的保护。当有两缸及以上喷射通道出现故障时，诊断系统将使柴油机停止运行，在运行停止前故障指示灯的红灯点亮，柴油机在约1min之后停机。

6）冷却液温度传感器冷起动默认值为－15℃，工作默认值为95℃。

373. 电控柴油机控制系统造成的故障的主要表现有哪些？

电控柴油机的故障，不一定都是电控系统的故障，很多故障都是多种因素造成的。对于电控柴油机而言，电控系统造成的故障主要表现如下：

1）柴油机进入“跛脚”状态或功率、转速下降状态（转速不上去，在转速达到2500～2800r/min后，迅速下降到1500～1600r/min）。

2）柴油机不能起动或起动困难。

3）柴油机动力不足。

4）故障指示灯常亮或闪亮。

374. 电控柴油机控制系统故障的诊断方法是怎样的？

（1）首先进行直观诊断（初步诊断）

通过故障现象进行看、问、听、试、嗅，并且与驾驶人进行交谈，详细了解故障发生的过程、现象。

（2）查找电控系统

1）利用随车自诊断系统（故障码）进行诊断，一般只能做出初步诊断结论。

2）利用专用的诊断仪（P码，BOSH KTS510F或深圳元征X－431诊断仪）读取故障的描述，同时，查看其实际值（数据流），并与额定数据流进行比较。

3）利用示波器或万用表测量ECU的线电压（电路）情况，如起动点火线至仪表板K28控制线、仪表板至ECU的K43引脚线通信情况，为ECU供电的继电器的1、3、5脚的在线正电压（1、3、5脚为正极供电）与87脚的连接情况等。

4）利用示波器或万用表测量ECU及各传感器和线束的通信状态（是否有断路现象）。

5）连接（EOL）调整柴油机台架数据为整车数据。

（3）查找油路（目前此问题比较突出）

1）通过专用诊断仪查看燃油压力的变化（也就是共轨压力的实际数据流）。

2）查看低压进、回油管路的流畅及堵塞情况。

3）检查燃油的品质。

4）检查油水分离器的水量。

5）检查油水分离器至燃油精滤器管路的长度及弯度情况（及油水分离器与燃油精滤器的位置变化）。

6）检查燃油计量单元或共轨压力传感器的工作状态。

375. 怎样排除电控柴油机控制系统的故障？

电控柴油机控制系统故障的排除方法如下：

（1）利用实际值（或数据流）排除故障

1）利用专用诊断仪读取故障码后，根据故障的描述，通过观察该故障的实际值，进一步确定故障的主要位置。因为，数据流是动态的，只有柴油机在运转工作的状态下，才有数据流。在柴油机运转过程中，随着其工作状态的变化，数据流也在不断变化，如果数据流没



有变化，是一个固定值，可以直接确定该位置的某个传感器出现了问题。如果数据流有变化，但是变化的数值非常小，可以确定是相应的管路或线路出现了问题。然后，根据故障的方向，利用传统的处理机械故障的方法，查找故障的确切部位。

2）在柴油机开始使用时，可利用专用诊断仪将柴油机当前的实际值（数据流共计 31 项）全部打印出来，作为该柴油机的原始数据流，并存储在该客户的档案或粘贴在该客户的服务手册内，在该柴油机出现问题后，将该柴油机当前的数据流打印出来，并且与该柴油机的原始数据流进行比较，有变化的数据流，就是该柴油机问题的根本所在。这样，可以及时、准确地诊断问题。



注意：

打印数据流时，一定要在同一状态下进行，这样两次的数据流才能进行比较，否则对比的数据流是不准确的。同一状态是指柴油机的转速和冷却液温度均一致的情况下。

（2）通过专用诊断仪读取故障描述并排除故障

1）连接专用的故障检测仪（KTS510F 或 X－431 等）。例如，朝柴专用诊断仪连接线口目前有两种：一种是长方形的，16 针接线（国际标准）如图 7-4 所示。另一种是圆形的如图 7-5 所示。其中，圆形的诊断接口是各汽车厂家普遍采用的，通常有 3 条连接线：1 是正极，2 是负极，8 是诊断通信线，并且与 ECU 的 K25 是对应引脚线。如果连接专用诊断仪后，不能建立诊断通信，要仔细检查诊断接口 K8 引脚线的通信状态，如果 K8 不能建立诊断通信，说明 K8 引脚线出现断路、短路的现象，可以直接从 ECU 的 K25 引出连线，并且从整车的主继电器引出正极和负极，并与专用诊断仪的 K8、1、2 相连，即可诊断故障。

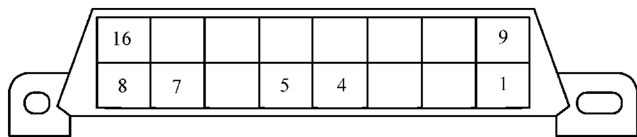


图 7-4　长方形诊断插座

4—电源负　5—电源负　7—诊断 K 线（AB4）

16—电源正（24V）

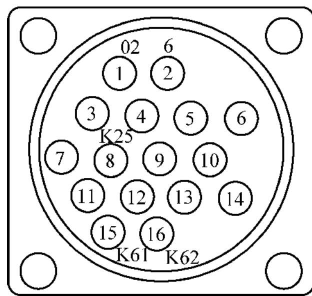


图 7-5　圆形诊断插座

1—电源正（24V）　2—电源负

8—诊断 K 线（K62）

2）在进入读取故障码的存储模块以后，首先要删除一下 ECU 的故障码。因为 ECU 的故障码有时是虚假的，只要删除一下，原来虚假的故障码就不存在了，剩下的故障码就是当前存在的真实故障码。

（3）通过随车故障指示灯（故障码）排除故障

ECU 具有故障自诊断功能，但没有自清除历史记录的功能，一旦检测出电控系统存在故障，ECU 就会：

1）产生相应的故障码并存入内存。

2）依照故障的严重等级，自动进入不同的失效保护策略。

3）出现故障码后，可根据故障码与对应的故障描述进行故障的排除。

4）故障指示灯对应整车的 K55 引脚线，如果与 ECU 相连，故障指示灯出现常亮。

376. 故障码读取和清除的方式有哪些？

虽然不同公司生产的汽车，读取故障码的操作程序及读取方法有很大差异，但基本方法分两种：

① 使用随车自诊断系统读取。

② 使用专用故障诊断仪读取。

（1）利用随车自诊断系统读取故障码方法

1）将点火开关由“OFF”旋转到“ON”的位置，不要起动柴油机，仪表板上的各种指示灯（包括柴油机故障指示灯）应点亮。

2）起动柴油机，如果柴油机运行正常，电控系统无故障，柴油机故障指示灯点亮 3s 后应熄灭；如果柴油机故障指示灯没有熄灭，说明柴油机控制系统有故障。

3）打开故障诊断请求开关，故障指示灯以故障码的形式显示故障。



注意：

只需按照规定程序进行操作（如短接诊断座上的端子、操作某些开关等），即可利用仪表板盘上“故障指示灯”、指针式万用表、自制二极管灯或车上显示器等读取故障码，此种方法不需价格比较昂贵的仪器设备，但必须知道被检车辆的维修资料，如读取故障码的操作程序和故障码含义等，否则无法进行故障诊断和检修，而且有些汽车也无法利用随车自诊断系统读取故障码（如德国大众车系等）。随着汽保设备价格的下降，其应用也越来越普及，利用随车自诊断系统读取故障码的方法已很少使用。

（2）故障诊断仪故障码检测方法

使用故障诊断仪读取故障码，只需掌握诊断仪的简单使用方法，对维修人员理论水平要求不高，而且速度快、准确率高，目前已得到广泛应用。

1）故障诊断仪的主要功能。

① 快速、方便地读取或清除故障码。

② 对柴油机控制系统进行动态测试，显示瞬时信息，为诊断故障提供依据。

③ 能在静态或动态下向电控系统各执行元件发出检修作业需要的动作指令，以便检查执行元件的工作状况，如令柴油机某一缸停止喷油。

④ 在车辆运行或路试时监测并记录数据流。

⑤ 具有示波器功能、万用表功能和打印功能。

⑥ 有些诊断仪能显示系统控制电路图和维修指导，以供故障诊断和检修时参考。

⑦ 有些功能强大的专用诊断仪能对柴油机 ECU 进行某些数据的重新输入和更改。

2）故障诊断仪的使用方法

① 将点火开关由“ON”旋转到“OFF”的位置（关闭柴油机）。



② 将诊断仪的接口线束与柴油机的诊断插座连接（详见故障诊断仪的使用说明书）。

③ 将点火开关由“OFF”旋转到“ON”的位置，不要起动柴油机。

④ 打开诊断系统软件，选择柴油机（或ECU）生产商并确认。

⑤ 在诊断仪显示的功能选择界面中选择“故障诊断”。

⑥ 在常规选择界面中选择“读取故障码”。

⑦ 诊断仪显示锁读的“故障码”。如冷却液温度传感器信号电压太高等。

⑧ 根据故障码用相关零部件的故障检测及排除方法对故障进行排除。

⑨ 故障排除后，清除原故障码后，用故障诊断仪对电控燃油喷射系统再进行一次故障诊断，确认无故障后再交付使用。

（3）故障码清除方法

与读取故障码类似，在发动机故障排除后，必须按规定程序利用随车自诊断系统清除故障码，或利用故障诊断仪清除故障码。

377. 怎样按故障码提示进行故障诊断？

首先应注意，有故障码并不一定有故障。因为维修人员在故障排除后并未清除的历史故障码；在发动机运行或点火开关打开的情况下，驾驶人员或维修人员拆开线束连接器产生的人为故障码，都会导致有故障码但无故障的情况发生。所以，即使能读取故障码，也不要急于按故障码来检修，如果发动机能够起动，最好是先清除故障码，起动运行后再重新读取故障码，第二次调出的故障码才真正说明有无故障。当然，在清除故障码前应记下故障码，因为有些故障码的产生情况难以再现，第二次读取的故障码或许会漏掉一些故障信息。

自诊断系统监视的往往是某一电路，而非某一元件。所以如果故障码含义是“某传感器信号不正常”，实际是指该传感器相应电路故障，传感器电路包括传感器、传感器与ECU间的连线（包括线束连接器）、ECU及其供电和搭铁线路，如果只按故障码含义的字面含义来检修，必然会走弯路。

有故障码反映了电控系统存在故障，但有时并非是故障码含义所指相应电路的故障。例如，宝来轿车柴油机故障码19764P3008的含义为“凸轮轴位置传感器信号不正常”，其可能的故障原因则是“传感器转子在凸轮轴处扭曲变形或松动”。所以，根据故障码提示进行故障诊断，也不可局限于电路，必要时还要考虑机械、气路等部分。

378. 怎样运用实际值（或数据流）排除故障？

1）在利用专用诊断仪读取故障码后，根据故障的描述，通过观察该故障的实际值（数据流），进一步确定故障的主要位置。因为，数据流是动态的，只有发动机工作状态的变化，其数据流也在不断地变化；如果数据流没有变化，是一个固定值，直接可以确定该位置的某个传感器出现了问题。如果数据流有变化，但变化的数值非常小，可以确定该数据流的管路或线路出现了问题。然后，根据故障的方向，利用传统的处理机械故障的方法，查找故障的确切部位。

2）在发动机初期保养时，可利用专用诊断仪将发动机当前的实际值全部打印出来，作为该发动机的原始数据流，并存储在该客户的档案或粘贴在该客户的服务手册内。在该发动机出

现问题后，再将发动机当前的数据流打印出来，并且与该发动机的原始数据流进行比较，查看某个数据流的变化值，就是该发动机问题的根本所在。这样可以及时、准确地诊断问题。


注意：

在打印数据流时，一定要在同一状态下进行打印，同一状态是指发动机的转速和冷却液温度一致的情况下，两次的数据流才能进行比较，否则对比的数据流是不准确的。

379. 怎样进行冷却液温度分析？

发动机冷却液温度是一个数值参数，其单位可以通过检测仪选择为℃或℉。在单位为℃时其变化范围为 -40 ~ 199℃。该参数表示控制单元根据冷却液温度传感器送来的信号计算后得出的冷却液温度数值。该参数的数值应能在发动机冷车起动至热车的过程中逐渐升高，在发动机完全热车后怠速运转时的冷却液温度应为 85 ~ 105℃。当冷却液温度传感器或线路断路时，该参数显示为 -40℃。若显示的数值超过 185℃，则说明冷却液温度传感器或其线路短路。

如果发动机工作时，冷却系统的节温器已完全打开，而冷却液温度不是逐渐上升，而是下降好几摄氏度，这就表明冷却液温度传感器已损坏。

380. 怎样进行大气压力参数分析？

大气压力是一个数值参数，它表示大气压力传感器送给控制单元的信号电压的大小，或控制单元根据这一信号经计算后得出的大气压力的数值。该参数的单位依车型而不同，有 V、kPa 及 cmHg 三种，其变化范围分别为 0 ~ 5.12V、10 ~ 125kPa 和 0 ~ 100cmHg。有些车型的控制单元显示两个大气压力参数，其单位分别为 V 和 kPa 或 cmHg。这两个参数分别代表大气压力传感器电压的大小及控制单元根据这一信号计算后得出的大气压力数值。大气压力数值和海拔有关：在海平面附近为 100kPa 左右，高原地区大气压力较低，在海拔 4000m 附近为 60 kPa 左右。在数值分析中，如果发现该参数和环境大气压力有很大的偏差，则说明大气压力传感器或控制单元有故障。

381. 怎样进行进气歧管压力分析？

进气歧管压力是一个数值参数，表示由进气歧管压力传感器送给控制单元的信号电压，或表示控制单元根据这一信号电压计算出的进气歧管压力数值。该参数的单位依车型不同，也有 V、kPa 及 cmHg 三种，其变化范围分别为 0 ~ 5.12V、0 ~ 205kPa 和 0 ~ 150cmHg。进气歧管压力传感器所测量的压力是发动机节气门后方的进气歧管内的绝对压力。在发动机运转时该压力的大小取决于节气门的开度和发动机的转速。在相同的转速下，节气门开度愈小，进气歧管的压力就愈低（即真空度愈大）；在相同节气门开度下，发动机转速愈高，该压力就愈低。涡轮增压发动机的进气歧管压力在增压器起作用时，则大于 102kPa（大气压力）。在发动机熄火状态下，进气歧管压力应等于大气压力，该参数的数值应为 100 ~ 102kPa。如果在数值分析时发现该参数值和发动机进气歧管内的绝对压力不符，则说明传感器不正常或微机有故障。

382. 怎样进行空气流量分析？

空气流量是一个数值参数，它表示发动机微机接收到的空气流量传感器的进气量信号。



该参数的数值变化范围和单位取决于车型和空气流量传感器的类型。

采用翼板式空气流量传感器、热线式空气流量传感器及热膜式空气流量传感器的汽车，该参数的数值单位均为V，其变化范围为0～5V。在大部分车型中，该参数的大小和进气量成反比，即进气量增加时，空气流量传感器的输出电压下降，该参数的数值也随之下降。5V表示无进气量，0V表示最大进气量。也有部分车型该参数的大小和进气量成正比，即数值大表示进气量大，数值小表示进气量小。

采用涡流式空气流量传感器的汽车，该参数的数值单位为Hz或ms，其变化范围分别为0～1600Hz或0～625ms。在怠速时，不同排量的发动机该参数的数值为25～50Hz。进气量愈大，该参数的数值也愈大。在2000r/min时为70～100Hz。如果在不同工况时该参数的数值没有变化或与标准有很大差异，则说明空气流量传感器有故障。

383. 怎样进行进气温度分析？

进气温度是一个数值参数，其数值单位为℃或℉，在单位为℃时其变化范围为－50～185℃。该参数表示控制单元按进气温度传感器的信号计算后得出的进气温度数值。在进行数值分析时，应检查该数值与实际进气温度是否相符。在冷车起动之前，该参数的数值应与环境温度基本相同；在冷车起动后，随着发动机的升温，该参数的数值应逐渐升高。若该参数显示为－50℃，则表明进气温度传感器或线路断路；若该参数显示为185℃，则表明进气温度传感器或线路有短路。

384. 怎样进行氧传感器工作状态分析？

氧传感器工作状态参数表示由发动机排气管上的氧传感器所测得的排气的浓稀状况。有些双排气管的汽车将这一参数显示为左氧传感器工作状态和右氧传感器工作状态两种参数。排气中的氧气含量取决于进气中混合气的空燃比。氧传感器是测量发动机混合气浓稀状态的主要传感器。氧传感器必须被加热至300℃以上才能向微机提供正确的信号。而发动机微机必须处于闭环控制状态才能对氧传感器的信号做出反应。

氧传感器工作状态参数的类型依车型而不同，有些车型以状态参数的形式显示出来，其变化为浓或稀；也有些车型将它以数值参数的形式显示出来，其数字单位为mV。浓或稀表示排气的总体状态，数值表示氧传感器的输出电压。该参数在发动机热车后以中速（1500～2000r/min）运转时，呈现浓稀的交替变化或输出电压在100～900mV之间来回变化，每10s内的变化次数应大于8次（0.8Hz）。若该参数变化缓慢或不变化或数值异常，则说明氧传感器或微机内的反馈控制系统有故障。

385. 怎样进行自动变速器油温度分析？

自动变速器油（ATF）温度是一个数值参数，单位为℃或℉。在单位为℃时，其变化范围为－40～199℃。该参数表示微机根据自动变速器油温（ATF）传感器送来的信号计算后得出的油温数值。该参数的数值应能在汽车行驶过程中逐渐升高，正常时，油温应60～80℃之间。

ATF温度用于检测自动变速器油的温度，以作为ECU进行换档控制、油压控制和锁止离合器控制的依据。

若ATF温度在35～45℃恒定不变时，表明油温传感器损坏或线路不良。

在有些车型中，自动变速器油温参数的单位为V，表示这一参数的数值直接来自油温传

感器信号电压。该电压与油温之间的比例关系依据电路的方式不同而不同，一般成反比例关系，即油温低时信号电压高，油温高时信号电压低。但也可以成正比例关系。在油温传感器正常工作时，该参数的数值范围是0～5.0V。



注意：

如果ATF温度超过130℃时，此时可观察热模式参数，此参数应显示为接通，表示自动变速器油温度已超过130℃，且在5s后没有冷却到120℃，进入热模式状态。此时TCC在4档接合直到油温降至130℃以上，或出现制动信号，或TPS电压信号较低时才断开。

386. 怎样进行变速器输入转速分析？

变速器输入转速的正常允许显示范围为0～8091r/min，变矩器锁止离合器（TCC）工作时，小于发动机转速。当TCC工作时，变速器输入转速应等于发动机转速，否则说明TCC有打滑现象，其主要原因是：TCC摩擦材料烧焦，TCC电磁阀不良，TCC油压过低。

短时间内，转速变化超过1300r/min，表示变速器输入轴转速传感器（ISS）有间歇性断路故障，其主要原因是：变速器输入轴转速传感器的线束有电磁干扰，PCM的CI插头不良，变速器的20芯插头连接不良，变速器输入轴转速传感器的2芯插头连接不良，变速器输入轴转速传感器的线路有短路或断路故障。

387. 怎样进行变速器输出转速分析？

变速器输出转速正常允许显示范围为0～8091r/min。若显示0r/min，表示汽车处于驻车档或空档汽车未行驶。若显示转速过低，小于150r/min持续2s，表示变速器输出转速信号过低，其主要原因如下：变速器输出轴转速传感器（OSS）线路断路，OSS线路与搭铁短路，OSS的电阻值不对，OSS的信号转子损坏、变形，OSS的信号转子与OSS传感头没有对准。

388. 怎样进行ABS数据流分析？

车轮转速传感器正常允许显示范围为0km/h～最大车速。若车辆行驶速度大于8km/h，但显示为0km/h，表示车轮转速传感器输入信号为0km/h，其主要原因如下：车轮转速转速传感器的信号线短路，车轮转速传感器的信号线断路，车轮转速传感器插接器连接不良，EBCM/EBTCM不良。

若瞬时变化太大，如在0.01s内变化大于24km/h，表示车轮转速传感器信号变化太大，其主要原因如下：车轮转速传感器的信号线短路，车轮转速传感器的信号线断路，车轮转速传感器的电阻值不对，车轮转速传感器插接器连接不良，EBCM/EBTCM不良。

389. 电控系统电路常见的故障有哪些？

电控系统电路常见故障是断路或短路，可使用高阻抗数字万用表（或其他仪器）的电阻档或电压档进行诊断。确定有断路或短路的部位后，应更换相应的导线或线束。

390. 进行电路故障检修时怎样选择电路的检测点？

需要把线束连接器端子作为测点时，则应拆开线束连接器；如果必须在线束连接器处于插接状态时测量参数（如传感器输出信号电压），则应先将线束连接器上的橡胶防水套向后



脱出，将万用表测量表笔从后端以适当角度插入并触及端子，进行检查，如图7-6所示。

391. 怎样诊断电路的断路故障？

存在电路断路故障的电路如图7-7所示，可通过“测量电阻”或“测量电压”两种方法来确定断路部位。

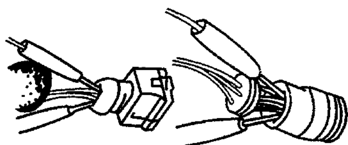


图7-6　万用表测量表笔从后端以适当角度插入并触及端子

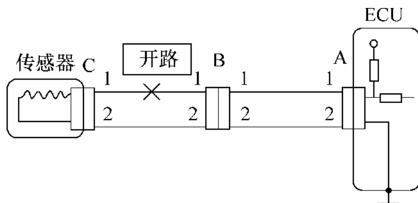


图7-7　存在断路故障的电路

1）电阻测量法：首先拆下线束连接器A和C，按图7-8所示方法测量相应端子之间的电阻；若连接器A端子1与连接器C端子1之间的电阻值为∞，则说明它们之间断路；若连接器A端子2与连接器C端子2之间的电阻值为0Ω，则说明它们之间无断路。然后再拆下线束器B，并分别测量连接器A与B、B与C相应端子之间的电阻，若连接器B与C的端子1之间电阻值为∞，其他相应端子之间的电阻均为0Ω，则可确定连接器B与C的端子1之间存在断路故障。

2）电压测量法：对电源线，可在不拆下各连接器的情况下，用电压测量法确定断路部位（如图7-9所示）。如果上述在故障电路中，端子1为ECU给传感器提供标准5V电压的端子，用万用表分别测量连接器A、B和C的端子1与“搭铁”之间的电压，若测得连接器A和B的端子1与“搭铁”之间电压值均为5V，而连接器和C的端子1与“搭铁”之间电压为0V，则可以确定在连接器B的端子1与C的端子1之间存在断路故障。

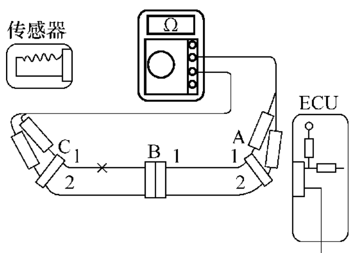


图7-8　断路故障诊断的电阻测量法

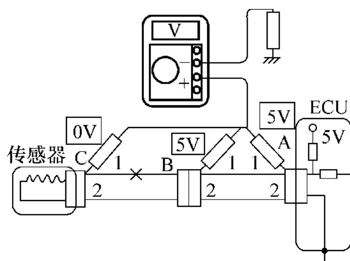


图7-9　断路故障诊断的电压测量法

392. 怎样诊断电路的短路故障？

不应直接连接的信号线与信号线、信号线与电源线、信号线与搭铁（或搭铁线）、或电源线与搭铁（或搭铁线）之间，如果因线束或电器元件内部故障而直接导通，即为短路。短路故障可通过测量被怀疑对象之间的电阻（导通情况）来确定，如怀疑某电路存在搭铁短路故障，其检测方法如图7-10所示。

1）拆下线束连接器A和C，在连接器A（或C）处分别测量端子1和2与车身（搭铁

之间的电阻，若端子 2 与车身之间电阻为∞，而端子 1 与车身之间电阻为 0Ω，说明端子 1 对应线路有短路故障。

2）拆下线束连接器 B，在连接器 B 处分别测量端子 1 和 2 与车身（搭铁）之间的电阻，若在连接器 C 侧端子 1 和 2 与车身之间电阻、在连接器 A 侧端子 2 与车身之间电阻均为∞，而在连接器 C 侧端子 1 与车身之间电阻为 0Ω，则可确定在连接器 B 与 C 之间端子 1 对应线路有短路故障。

393.电路线束连接器常见故障有哪些?

连接器常见故障主要是松脱、端子脏污或连接器线束端后面的导线拉伸而断路，如图 7-11 所示。导线在中间折断是很少见的，大多是在连接器处断开，因此应仔细检查连接器线束端的导线。连接器端子锈蚀、脏物进入连接器插头和插座或端子松动都会使连接器接触不良。因此，检查连接器时应先拆下连接器，检查连接器端子上有无锈蚀或脏污、端子片是否松动或损坏、端子固定是否牢靠。

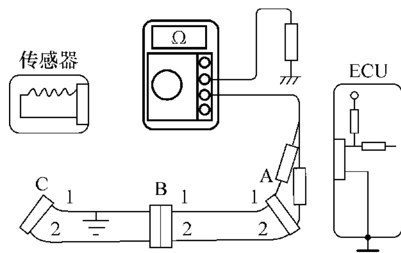


图 7-10　短路故障诊断

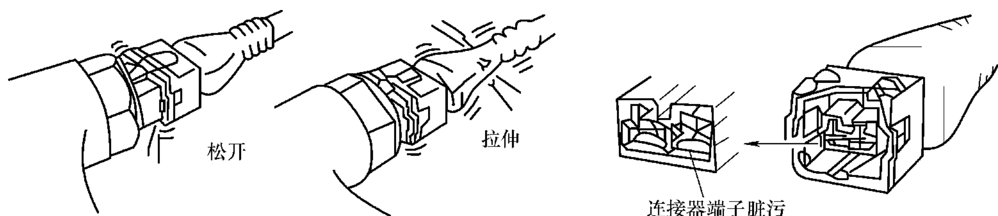


图 7-11　线束连接器常见故障

三、柴油机电控系统常见故障的诊断与排除

394.电控柴油机常见故障症状有哪些?

柴油机常见故障症状可以通过人的听觉、视觉等识别出来，如看到柴油机冒黑烟、听到柴油机有异响等。柴油机运行过程中的常见故障症状有：起动困难、突然熄火、加速无力（动力不足）、加速失效、排烟异常、冷却液温度异常、燃油压力异常、油耗异常、声音异常、故障灯闪亮等。

由于各种车型的电控系统不同，故障原因有所差异，故障的诊断与排除则应结合具体车型，参考相关技术资料进行。

395.怎样诊断与排除共轨系统（博世）柴油机起动困难故障?

首先检查柴油机的起动系统是否存在故障。对于起动机受 ECU 控制的整车，在起动时 ECU 首先检查空档信号，然后输出一个电流驱动起动继电器，继电器接通后蓄电池带动起动机起动。

检查空档开关、起动继电器、蓄电池、车下停车开关的关联。

1）检查是否挂在空档位置。



2）检查车下停车开关的位置（应处于断开状态）

3）检查空档开关（一般安装在变速器上）及接线是否完好，试着使用紧急起动（点火开关持续按下3s以上）。

4）检查蓄电池电压是否过低，以致不能带动起动机。

5）起动机继电器及接线是否完好。

6）检查起动机是否已烧坏。

7）点火开关及起动开关是否已坏。

如果确认柴油机起动系统正常，则应按以下步骤进行检修：

（1）ECU系统没有通电

打开点火开关时，故障指示灯不亮（应通电自检亮2s后熄灭），诊断仪无法通信；加速踏板位置传感器无5V参考电压（或检查冷却液温度、进气温度等传感器是否有5V电源）。

可参照该柴油机的电路图，用万用表检查电控系统线束、熔丝、继电器、电源总开关、点火开关等。

（2）蓄电池电压不足

用诊断仪或万用表显示电源电压偏低。蓄电池应充电或更换蓄电池。



注意：

电控系统对蓄电池电压有正常工作范围要求，当蓄电池电压低于一定值，起动柴油机时，起动机能运转，但ECU关闭喷油器的控制电路，柴油机不可能着机。

（3）无法建立工作时序

诊断仪显示不同步故障（P0016故障码），示波器显示曲轴转速传感器与凸轮轴位置传感器波形相对关系错误（用示波器十分方便、有效）。

可检查曲轴转速传感器与凸轮轴位置传感器的插头、线路（短路与断路）、阻值、电源、信号是否正常（用万用表）；检查曲轴转速传感器与凸轮轴位置传感器的信号盘是否损坏及脏污；检查传感器与信号盘的间隙是否符合规定；若维修时进行过信号盘等组件的拆装，检查相位是否正确（十分必要）。

（4）预热不足

严寒工况下，没有等到冷起动指示灯熄灭柴油机就起动；万用表或诊断仪显示预热过程中，蓄电池电压波动不正常。

应检查预热线路是否正常，检查预热塞或预热栅格阻值是否正常，检查蓄电池容量。

（5）ECU软、硬件或高压系统故障

监视器故障；A/D模数转换错误；多缸停喷；ECU计时处理单元错误；点火开关信号丢失；共轨压力超高，泄压阀不能开启；电可擦可编程只读存储器错误；共轨压力持续超高（如共轨压力持续2s超过160.0MPa）。

故障确认后，更换ECU或通知电控维修专业人员。

（6）喷油器不喷油

怠速抖动较大，高压油管无脉动，诊断仪显示怠速油量增高和喷油器驱动线路故障。

应检查喷油器驱动线路（含插接件）是否损坏、开路、短路；检查高压油管是否泄漏；检查喷油器是否损坏或积炭。

（7）高压油泵供油压力不足

诊断仪显示轨压值过低。

检查高压油泵是否能够提供足够的共轨压力，检查燃油计量阀是否损坏。

（8）共轨压力难以建立

共轨压力过低，柴油机可能不能起动（故障常见）

共轨系统对燃油油路要求较高，低压油路（燃油箱、燃油粗滤器、燃油精滤器、输油泵、进油管及回油管）、高压油路（高压油泵、共轨管、高压油管、喷油器）都要保证密闭。任何一个环节出了问题，共轨压力都不能正常建立。此时，应认真进行以下检查。

① 检查燃油箱油位是否过低并检查手油泵是否工作正常；

② 检查低压油路是否有空气，并排净空气（有时低压油路泄漏不明显，需要仔细检查），排气方法：主要排除燃油粗滤器里面的空气。松开粗滤器上的放气螺栓，用手压动粗滤器上的手油泵，直至放气螺栓处持续出油为止；低压油路空气排净后仍不能起动柴油机，则判断高压油路有空气，也需要排出高压油路的空气，排气方法：松开某缸高压油管，用起动机带动柴油机运转直至高压油管持续出油为止（不建议经常拆卸高压油管接头）。

③ 检查高压油路有无泄漏。

④ 检查油路是否通畅，检查燃油滤清器是否堵塞，建议及时更换燃油滤器清滤芯。检查方法：松开滤清器出口螺栓，用起动机带动柴油机运转，看是否有柴油喷出或流出，若只有少量柴油流出，则可以判定滤芯堵塞。

⑤ 检查共轨压力传感器初始电压值是否在500mV左右，或设定共轨压力是否为30.0～50.0MPa（用KTS故障诊断仪），若不正常首先检查插接件是否牢靠。若无检查设备，可以拔掉共轨压力传感器尝试再起动。

⑥ 检查流量计量单元是否完好，拔掉插接件尝试再起动。

⑦ 检查进油管及回油管是否有弯曲折弯处。

（9）共轨压力持续超高

诊断仪显示共轨压力持续2s高于160.0MPa。

检查燃油计量阀是否损坏，检查燃油压力泄放阀是否卡滞。

（10）机械故障

利用机械维修经验进行机械故障排除，如油路不畅、泄漏或油路有气、输油泵进口压力不足、起动机损坏；机械阻力过大，缺机油或者未置空档；进排气门调整错误等。

检查燃油、机油油路，检查进排气系统，检查滤清器是否阻塞等。

396. 怎样诊断电控共轨（博世）柴油机冒黑烟的故障?

目前，国Ⅲ柴油机博世共轨系统一般采用的是第二代（CRS2.0）系统，柴油机功率不足冒黑烟故障检修方法如下：

（1）燃油品质不良（最为常见）

怠速时，冒黑烟，加速时浓烟滚滚。读故障码及数据流，往往未发现异常。

常规检查无法排除故障时，可更换合格的燃油试验，必要时清洗燃油管路及零部件。





注意：

由于柴油质量不符合规定，造成共轨系统部件故障（如喷油器堵塞、卡死）、柴油机冒黑烟故障十分常见，维修时应多注意。

（2）喷油器故障

喷油器雾化不良；喷油器滴油；喷油器针阀卡死，导致喷油器泄漏或不喷油等；诊断仪有时显示怠速油量过大、怠速不稳。

部分诊断仪（如 KTS）能够进行加速测试、气缸关断测试以及高压测试，通过这些测试能对喷油器进行实时检测。

① 加速测试：关闭一个喷油器、增加喷油、测量速度、关闭一缸测试完后，再依次关闭其他缸，进行同样的试验。

② 气缸关断测试：此方法类似于单缸断油法。

（3）冷却液温度传感器故障（指示值过低）

冷却液温度传感器的电阻值及输出信号电压值在正常工作范围，但是输出值低于实际值。

用故障诊断仪读取冷却液温度传感器的数据流，与实际值进行比较判断。必要时可将冷却液温度传感器插头拔掉，起动后进行比较。

（4）共轨压力传感器信号漂移

共轨压力传感器输出信号电压值在正常工作范围，但是实际值大于输出值。

诊断仪会出现相关的故障码，更换共轨压力传感器。

（5）进气压力传感器信号漂移

进气压力传感器输出信号电压值在正常工作范围，但是实际值大于输出值。

诊断仪会出现相关的故障码，检修或更换进气压力传感器。

（6）其他系统故障

冒黑烟故障，也可能是非电控系统造成的。应注意以下原因：

1）机械故障，如气门漏气、气门间隙调整不当。

2）废气涡轮增压系统故障。

3）EGR 系统故障。

4）空气滤清器堵塞。

5）其他因素。

397. 怎样诊断与排除博世共轨电控柴油机功率不足故障？

博世共轨柴油机功率不足故障的诊断与排除方法如下：

（1）热保护导致柴油机功率不足

1）故障现象：冷却液温度过高，进气温度过高，燃油温度过高，冷却液温度传感器线路故障（如断路），进气温度传感器线路故障（如断路），燃油温度传感器线路故障（如断路）。

2）故障排除：检查柴油机冷却系统，检查柴油机气路，检查燃油系统，检查进气温度传感器本身或信号线路是否损坏，检查冷却液温度传感器本身或信号线路是否损坏，检查燃

油温度传感器本身或信号线路是否损坏。

上述温度值可用诊断仪读取数据流获得，断路故障可用万用表测量。

说明： 电控柴油机普遍采用热保护装置，当温度值超过设定的预设值后，ECU 会控制喷油器减少喷油量，使柴油机输出转矩减少，功率下降。

（2）电控柴油机进入失效保护模式（“跛行”模式）

1）故障现象：共轨压力传感器损坏或线路故障；燃油计量阀驱动故障，阀损坏或线路故障；诊断仪显示油门无法达到全开等；高原修正错误；共轨压力传感器信号漂移；高压油泵闭环控制类故障；增压压力传感器损坏或线路故障；诊断仪显示凸轮轴位置传感器信号丢失（仅靠曲轴转速传感器信号运行，对起动时间的影响不明显）；诊断仪显示曲轴转速传感器信号丢失（仅靠凸轮轴位置传感器信号运行，起动时间较长）。

2）故障排除：对于共轨压力传感器或燃油计量阀故障：如果诊断仪显示共轨压力位于 70.0～76.0MPa，随转速升高而升高，则可能为燃油计量阀或驱动线路损坏；如果诊断仪显示共轨压力固定在 72.0MPa，可能为共轨压力传感器或线路损坏。柴油机最高转速被限制在 1700～1800r/min（机型不同，有所差异），回油管温度明显升高。共轨压力传感器信号漂移，检查物理特性，更换共轨管。

高压油泵闭环控制类故障，首先检查高压油路是否异常，否则更换高压泵。检查凸轮轴位置传感器及信号线路、检查凸轮轴位置传感器信号盘是否有损坏或脏污附着；检查曲轴转速传感器及信号线路、检查曲轴转速传感器信号盘是否有损坏或脏污附着。

（3）机械系统原因

1）故障现象：进排气阻塞，冒烟限制起作用；增压后管路泄漏，冒烟限制起作用；油路阻塞或泄漏；增压器损坏（如旁通阀常开）；低压油路：有空气或压力不足；进排气门调整错误；喷油器雾化不良、卡滞等；机械阻力过大；其他机械原因。

2）故障排除：检查高压及低压燃油管路，检查进排气系统，检查喷油器，利用机械维修经验进行故障诊断与排除。

398. 怎样诊断与排除电控柴油机功率不足/转速不稳故障？

（1）功率不足

电控柴油机功率不足的主要原因有：喷油器故障，冷却液、机油、进气温度过高，流量计量单元故障，燃油管路泄漏和传感器故障。

1）喷油器故障检修。

① 喷油器故障一般分为机械故障和接线故障。

a. 机械故障。针阀卡死，由于柴油中污物较多或进水腐蚀，针阀卡死在喷油器内，不能动作。

b. 接线故障。线束由于振动、磨损等原因，连接断开或直接搭在缸盖上，导致短接。ECU 会报错。

② 喷油器出现故障的判断方法：怠速不稳，柴油机声音异常；利用断缸法或高压油管触感法进行判断，利用故障诊断仪做加速测试判断。

2）冷却液、机油、进气温度过高

冷却液、机油、进气温度过高时，ECU 会进入过热保护功能，限制柴油机功率。



① 造成冷却液温度高的原因及排除方法。

a. 散热器液面过低：检查有无漏水处，加液。

b. 风扇转速过慢或不转：检查风扇传动部件。

c. 散热器堵塞：检查散热器，清理或修复。

d. 水泵传感带松弛：按规定调整传感带的张紧力。

e. 水泵垫片损坏，水泵叶轮磨损：检查并修复或更换。

f. 节温器故障：更换节温器。

g. 水管密封件损坏，漏入空气，检查水管、接头、垫片等，更换损坏件。

② 机油温过高的原因及排除方法。

a. 油底壳油面低或缺油：检查油面及漏油处，修复并加油。

b. 冷却液温度高：找出造成冷却液温度高的原因并排除。

c. 机油冷却液流通不畅：检查并清理。

③ 进气温度过高的原因及检修方法：中冷器冷却能力下降，检查中冷器的散热能力。

3）流量计量单元故障

流量计量单元是控制共轨压力的执行机构，安装在高压油泵上。流量计量单元出现问题以后，高压油泵会以最大的能力向共轨管供油，此时共轨管上的泄压阀一般会打开，柴油机会有“咔咔”的噪声。共轨压力传感器出现问题也会有类似的现象。

4）燃油管路泄漏引起共轨压力异常波动

在车辆运行过程中，会出现车速不稳，车有向前一窜一窜的现象出现，感觉进油时有时无。

断电1min后再重新起动，若问题仍然存在则检查燃油管路的密封性并排除存在的问题。

5）传感器故障

进气压力传感器是ECU用来估算进气量的传感器（安装在进气管上），冷却液温度传感器是用来判断柴油机热负荷的传感器（安装在出水管上），共轨压力传感器是用来检测共轨管的燃油压力的传感器（安装在共轨管上）。

检查进气温度压力、冷却液温度、共轨压力传感器，检查各插接件是否牢靠。

（2）转速不稳

现以玉柴博世共轨系统为例，介绍柴油机怠速不稳的检修方法：

1）同步信号间歇错误引起怠速不稳

故障指示灯闪烁，诊断仪出现P0016等相关的故障码。

检查曲轴转速传感器与凸轮轴位置传感器的间隙，检查曲轴转速传感器与凸轮轴位置传感器的信号盘。

2）喷油器驱动故障引起怠速不稳

故障指示灯闪烁，诊断仪显示喷油器驱动线路出现偶发故障（短路或断路）。

检查喷油器的电磁阀，检查喷油器的电磁阀线路。

3）油门信号波动引起怠速不稳

故障指示灯有时亮，诊断仪显示松开加速踏板后仍有油门开度信号，诊断仪显示固定加速踏板位置后油门信号波动。

检查加速踏板位置传感器及插接件接接情况，检查油门信号线路是否进水或磨损导致油门开度信号漂移，必要时更换电子油门。

4）机械方面故障引起怠速不稳

检修方法是：

① 进气管路或进排气门泄漏，视情修理。

② 低压油路堵塞或漏气，视情修理。

③ 因机油不足等原因造成柴油机压力过大，视情修理。

④ 某缸缸压不足，视情修理；其缸喷油器积炭或过度磨损，视情修理或更换。

（5）其他方面的原因引起怠速不稳

① 燃油质量差。

② 具有车速传感器的整车，车速信号输入错误。

399. 怎样诊断与排除电控柴油机故障指示灯亮（或闪烁）故障?

现以玉柴德尔福共轨系统为例，介绍故障指示灯亮（闪烁）故障的检修方法。

玉柴德尔福共轨电控柴油机故障指示灯亮（或闪烁）故障的原因有以下几种：

（1）工作相位错误

故障原因有：曲轴转速传感器损坏；凸轮轴位置传感器损坏；曲轴转速传感器信号盘有脏污；凸轮轴位置传感器信号盘有脏污；传感器接线（含插接件）损坏。

（2）预热驱动电路故障

故障原因有：驱动线路（含插接件）破损，断路或短路。

（3）燃油计量阀及驱动线路故障

故障原因有：燃油计量阀损坏或驱动线路（含插接件）破损、断路、短路。

（4）共轨压力传感器信号故障

故障原因有：传感器故障或线束（含插接件）故障。

（5）电控系统主继电器故障

故障原因有：主继电器卡滞或烧毁。

（6）电子油门故障

故障有原因：电位器卡滞，油门故障导致“跛行”模式，油门故障导致减转矩功能不能启用。

（7）ECU 软、硬件故障

故障原因有：模、数转换模块故障，参考电压输出模块故障，硬件“监视狗”发现故障，软件“监视狗”发现故障，喷油驱动模块故障，存储区故障，系统管理模块故障。

（8）喷油器故障

故障有原因：喷油器电磁线圈及驱动线束（含插接件）故障；

（9）蓄电池电压故障

故障原因有：蓄电池电压超低或超高。

（10）进气质量流量传感器故障

故障有原因：线束（含插接件）故障，传感器信号故障。

（11）EGR 系统故障

故障原因有：线束（含插接件）故障，闭环控制能力故障，EGR 系统自学习功能报错。

（12）VGT 系统故障

故障有原因：VGT 电磁阀故障，线束（含插接件）故障，闭环控制能力故障。



（13）进气压力及温度传感器故障

故障有原因：进气压力及温度传感器信号故障，线束（含插接件）故障。

（14）冷却液温度及燃油温度传感器故障

故障有原因：冷却液温度及燃油温度传感器信号故障，线束（含插接件）故障。

针对上述不同的故障原因，进行检修故障即可排除。

第八章 柴油机电控系统典型故障检修实例分析

一、电控单元故障检修

400. 长城风骏车柴油发动机无法起动怎么办?

故障现象：一辆长城风骏车，装备型号为 GW2.8TC 的电控高压共轨柴油发动机。该车发动机无法起动。

故障诊断与排除：根据上述故障现象初步判断为发动机喷油器不喷油或高压共轨内无高压燃油。

首先连接元征 X431 诊断仪，读取故障码，但是从车型选项中找不到相应车型，无法读取故障码，只能按常规方法检修。由于柴油机经常出现油路故障，先检查高压共轨的燃油压力。首先，将点火开关置于 ON 位置，测量高压共轨压力传感器的信号电压，信号电压为 0.5V，正常；起动发动机，发现其电压仍为 0.5V（电压应在 1V 以上，发动机才能起动）。于是拆下高压油泵的高压出油管，起动发动机，发现无高压燃油喷出。因此，初步判断为油路故障。

电控高压共轨柴油发动机燃油供给系统可分为低压和高压两部分。首先检查低压部分，检查油箱油位，正常。接着检查低压油路，拆开高压油泵上的低压油管，按动柴油滤清器上的手动供油泵排气，低压油管有燃油喷出，无空气，确认低压油路正常后，起动发动机，高压油管仍无高压燃油喷出。怀疑高压油泵内有空气，决定给高压油泵排空气。夹住回油管，起动发动机，高压油管内有少量燃油流出。根据此现象，判断燃油计量阀可能存在故障。

于是对燃油计量阀进行检查。将点火开关置于 ON 位，用万用表测燃油计量阀两个端子的电压（不要断开导线连接器，因为 ECU 控制燃油计量阀输出端子的搭铁），电源端子的电压为 10.3V，输出端子的电压为 6.9V，两个端子的电压差值为 3.4V，触摸燃油计量阀，能感觉到振动，过一会儿，振动消失，此时燃油计量阀电源端子电压变为 12.4V，输出端子的电压变为 11V，两个端子的电压差值下降至 1.4V。通过以上电压变化，说明燃油计量阀在点火开关接触时工作一会儿后停止工作，这是正常现象（因为 ECU 没有得到发动机转速信号，所以停止工作）。起动发动机，电压差值仍为 1.4V，说明起动时 ECU 没有控制燃油计量阀工作。

ECU 控制燃油计量阀工作必须满足条件是：ECU 供电正常及 ECU 能够获得发动机转速信号。

接着先检查转速传感器。断开转速传感器的导线连接器，发现转速传感器导线侧连接器的 2 个端子高度不一致，其中一个在插接过程中被顶出，造成了接触不良。修复后测量转速传感器信号电压，正常。起动发动机，排气管冒白烟，故障依旧。经仔细分析认为，电控柴油发动机有喷油，油压正常，管路无空气，但仍难着车，怀疑是发动机的喷油量和喷油正时有问题。

首先检查凸轮轴位置传感器（霍尔式），检测方法有检测占空比信号和电压检测两种。

1）检测占空比信号。将万用表转至 TUDY（占空比）档，红表笔接信号线，黑表笔搭铁，未起动发动机时，占空比为 100，起动发动机时，占空比下降，占空比数字有变化，说明凸轮轴位置传感器工作正常。



2）电压检测。未起动发动机时，信号电压为5V，起动时信号电压的变化正常。

经检测，凸轮轴位置传感器工作正常。而ECU根据发动机转速传感器、凸轮轴位置传感器确定喷油正时，初步判断发动机喷油正时应该正常没有问题。

接着检查喷油量。喷油脉宽必须用故障检测仪读取数据流，由于故障检测仪无相应车型的选项，只能间接判断喷油量。ECU根据发动机转速传感器和加速踏板踏板位置传感器确定基本喷油量，再根据冷却液温度传感器、燃油温度传感器、空气流量传感器作为修正信号最后得到喷油脉宽信号，所以需要检查上述传感器。于是检查空气流量传感器、冷却液温度传感器、燃油温度传感器、加速踏板踏板位置传感器，均正常，预热塞也工作正常。

于是检测ECU供电情况，发现电压仅有11V，而蓄电池电压为12.8V，说明ECU电源电路接触不良，经检查，发现为熔丝接触不良，修复后，ECU电源电压恢复正常。起动发动机试车，发动机起动正常，故障排除。



维修小结

1）电控柴油发动机无法起动故障的诊断，一般应从发动机的喷油量控制和喷油正时控制这两个方面入手。当发动机无法起动时，应重点观察是否有着车迹象，排气管有无烟排出。若有着机迹象，排气管有烟排出，说明故障属于发动机起动困难，应该从喷油量和喷油正时方面去考虑。若无着车迹象，排气管无烟排出，则应检查喷油及油压是否正常。

2）高压共轨压力传感器检测。发动机怠速运转，其电压为1.4V左右，急踩加速踏板踏板，电压升至2.0V，正常。若拔下高压共轨压力传感器导线连接器，起动发动机，ECU会检测到信号电压为5V，ECU会记录故障，并执行安全保护程序，不喷油，发动机立即熄火。

3）喷油器检测。电控柴油机与汽油机喷油器构造不同，其检测方法也有差异。柴油机喷油器电阻只有0.3~0.9Ω，电压变化也不明显。电控柴油机喷油器的检查方法如下：电控柴油机喷油器可通过观察喷油器回油量来判断其好坏。用手触摸通往喷油器的各缸高压油管，应明显感觉到有较强的脉动，节奏与发动机转速成正比，若某缸脉动节奏重，可能该缸喷油器柱塞卡死在常闭位置，此时该缸回油管回油明显偏多，若某缸脉动节奏轻，可能是喷油器柱塞卡在常开位置，此时发动机缸内会发出类似敲缸声。若喷油器回油管无回油，也可证明喷油器不喷油。

401. 江铃轻型货车（1.25T）发动机无法起动怎么办？

故障现象：一辆江铃轻型货车（1.25T），装配博世欧Ⅲ共轨柴油发动机。该车在行驶过程中突然熄火，按手油泵泵油后可以起动，起动后行驶一段路后又会熄火，这样反复几次后，即使按手油泵泵油，车辆也无法起动。

故障诊断与排除：

接车后用汽车故障诊断仪K81进入该车系统，读取故障码，有3个故障码，分别为：P0193、P0087和P0251。先根据故障码的提示去查看相应的故障位置，在查看P0193（共轨压力传感器输出电压高于上限，连接断路或对高电平短路）这个故障时，查看了该车的共轨压力传感器的线路是否是断路的，用万用表检查了共轨压力传感器线路A08、A28和A43

是否有断路，没有发现断路和短路。在查看 P0087 故障码（燃油压力低于最小限值）时，基本可以判定 P0087 故障是由 P0193 故障引起的，插好共轨压力传感器线，然后用 K81 清除故障码，结果 P0193 和 P0087 这两个故障码消失，但是 P0251（油量控制单元控制线断路）故障码还存在。这时起动发动机，无法起动，再次用 K81 检测后读取的故障码仍只有 P0251。这个故障码连续出现了好几次，说明这个故障确实存在。

根据 P0251 这个故障码，首先检查 A49、A19 这两条油泵线路（红线和白线）的通断情况。用万用表检查从 ECU 出来到油泵插头上的线是通的，并没有断路。然后把 A 线电脑端插头插上，测量 A49 及 A19 的电压，结果是白线 12.9V，红线是 3.75V，电压应该没有问题。怀疑油泵的燃油计量阀有问题，检查油泵上的燃油计量阀是否内部断路，发现燃油计量阀是导通的，然后测量该车燃油计量阀上的电阻，电阻值为 2.8Ω，标准电阻值为 2.6～3.5Ω，这表明燃油计量阀的电阻值也正常。于是从仓库借了 1 个新的油泵，换上新油泵，检查结果故障还是存在，说明该车油泵与该故障无关。怀疑是不是 ECU 出现了错误的判断，把该车 ECU 拆下装到其他车上试车，结果无故障码。从而说明该车故障与油泵和 ECU 无关。

经仔细分析认为，故障还是线路上。于是从基本的线插头查起，检查插头是否因开口过大引起的故障。先检查了 A 线油泵端插头正常。然后检查 A 线 ECU 端插头，在检查 A49 和 A19 线的时候发现 A49 线的插头轻轻一拿就出来了，仔细一看 A49 线的插头已经松动得不能与连接器相固定，造成 A49 号线与 ECU 上 A49 号针脚虚接。所以在测量电压时线路是通的，但是在起动发动机时无法起动。使该车无法导通，从而出现了 P0251 这个故障码。

于是固定好 A49 号线的插口，起动该车能正常起动，读取故障码，无故障码显示，故障排除。



维修小结

在检查线路故障时一定要注意汽车的线路是虚接还是实接的。

402. 郑州日产 Y37 轻型货车发动机无法起动怎么办？

故障现象：一辆郑州日产 Y37 轻型货车，装备 ZD25TCR 四缸柴油发动机，采用博世公司的高压共轨燃油喷射系统。该车发动机无法起动。

故障诊断与排除：接车后首先对起动系统进行检测，测得蓄电池的电压为 12V，起动时蓄电池的电压在 10V 以上，正常；起动机工作正常，但发动机没有起动征兆。连接日产专用故障检测仪，接通点火开关，读取故障码，显示无故障码储存。由于当时的环境温度很低，所以对发动机预热系统进行检测，但发现四个预热塞都能正常工作。接着把空气滤清器外壳拆开，让一人在车上起动发动机，另一个人在拆开的空气进气口处喷入少量的起动液，此时发动机却起动了，停止喷起动液后发动机立刻熄火。从而可以断定发动机的机械部分是没有问题的，故障在供油系统。

该车的供油系统由低压油路和高压油路两大部分组成。于是先给低压油路排空气。松开放气螺栓，按压手油泵，待放气螺栓处有油流出且无气泡时拧紧放气螺栓，低压油路排气完成。接着对高压系统进行放空气。松开共轨上的任意一个高压油管，起动发动机，发现高压油管处没有燃油流出。根据上述现象分析，认为可能会造成高压油管无油的原因有：



① 高压油泵有故障。

② 进油计量阀或其控制电路有故障两种。

于是拔下进油计量阀的导线侧连接器，起动发动机，测量其上电源端子的电压，为 0V，正常应为 5V。检测进油计量阀至发动机 ECU 间的导线，正常。再对喷油器的供油电路进行了测量，结果也是 0V，检查喷油器到发动机 ECU 的导线，正常。从而断定是发动机 ECU 有故障，没有发出指令给相关执行元件。

于是更换一只新的发动机 ECU，并将其与发动机防盗系统进行匹配后试车，故障排除。

403. XMQ6123Y1 大金龙车发动机不能起动怎么办?

故障现象：一辆型号为 XMQ6123Y1 的大金龙车，发动机型号为 YC6L39-30。该车早上起动着机后，怠速运转 8～10min 自动熄火，再次起动时刚着车后又熄火，始终不能起动。

故障诊断与排除：根据上述故障现象，怀疑是柴油滤清器堵塞，更换了柴油滤清器和油水分离器，但换过后故障依旧，松开高压油泵的出油口，发现没有高压油出来，怀疑是高压油泵有问题，将高压油泵和喷油器进行调试，调试好装车后还是不能起动。

首先连接故障诊断仪，当发动机转速为 150r/min 时拔开燃油计量阀，测量共轨压力高于 70MPa，不拔开燃油计量阀时，测量共轨压力低于 100MPa，故障码显示为：①UC157 CAN 信息故障——转速表。②P0251 燃油计量阀驱动故障——开路。③ P2159 车速信号故障——不合理。

接着检查油路，发现柴油呈黄色，油质不正常，怀疑高压油泵供油电压不够会不会是燃油品质差造成的，刚调校的高压油泵又堵塞了。将一桶大约 30L 的达标柴油直接接到高压油泵的进油口测试，高压油泵的出油量仍然很小，当拔掉燃油计量阀时，高压油泵的出油量很大，插上燃油计量阀时高压油泵也出油，但是过一会出油量变得很小，是不是高压油泵要续压才能正常工作呢? 于是将两个机械喷油器直接接到高压油泵的出油口，大约试验了 20min，喷油器都是正常喷油的，怀疑是喷油器泄漏引起的，拆下喷油器时发现高压油泵共轨管已经被压瘪，怀疑是高压油泵存在问题，于是更换高压油泵和喷油器导管，然后测量轨压和同步都达到起动的要求，但喷油量还是为 0，读取故障码显示为：①P1018 轨压闭环控制模式故障 10——供油量过大。②P2159 车速信号故障——不合理。

模式故障 10 也出现了，检查喷油器回油管此时也没有回油，怀疑喷油器有问题，于是更换 6 个喷油器后测量供油量和同步都正常，刚开始时循环喷油量过大，到后来又为 0 了，接着读取故障码为：①UC157 CAN 信息故障——转速表。②P2160 车速信号故障——超低限。③P0341 凸轮信号错误——信号错误。④P120E Bank2 故障——未定义。⑤P1206 Bank1 故障——未定义；⑥P1225 多缸停喷。

发现 Bank1 故障、Bank2 故障和多缸停喷故障，怀疑是喷油器电路故障，然后检查喷油线路，没有发现短路或断路现象，又怀疑是喷油器没有装到位，没有发现喷油器泄漏，共轨压力还是建立不起来的。

经仔细分析认为，是 ECU 有问题，更换 ECU 后试车，故障排除。

404. 陕汽德龙 F3000 车发动机无法起动怎么办?

故障现象：一辆陕汽德龙 F3000 车，装备潍柴 WP12.439N 发动机。该车接通点火开关，起动机不工作，发动机无法起动。

故障诊断与排除：根据上述故障现象，首先连接故障检测仪，无法实现信息通信，且接通点火开关时，发动机 ECU 无自检，起动发动机，起动机不转动。可能故障原因有：

① 点火开关损坏或其线路断路或短路。

② ECU 电源线路断路或短路。

③ 诊断接口 K 线断路，导致无法与故障检测仪进行通信。

④ ECU 损坏。

首先，检查点火开关熔丝，正常。检测点火开关 T15 电压，电压为 24V，正常。检查诊断接口 K 线电压，也正常。接着检查 ECU 供电电源，ECU 电源侧的 30A 熔丝正常。检查起动继电器，也正常。拔下 ECU 导线侧连接器，接通点火开关，分别检测 ECU 的 8 根电源线的电压，均为 24V，说明 ECU 供电正常。经仔细观察，发现 ECU 连接器有烧蚀痕迹。该位置连接的是车速传感器。经检测，车速传感器正常，说明故障并不在车速传感器，而是在 ECU 上。拆解 ECU，发现 ECU 内部已经损坏，无法维修只能更换。

更换 ECU 后，起动发动机，故障排除。



维修小结

在对 ECU 进行检修之前，必须认真检查外部电路，排除外部电路故障，确认外部电路故障，确认外部电路正常之后才能对 ECU 进行检修。

ECU 故障主要有电源电路故障、输入和输出电路故障、存储器故障和特殊故障。在进行检修时，务必按照正确的方法进行检测，确定 ECU 能否进行修理，并按照相应步骤进行维修。若需要更换 ECU，一定要与原发动机型号相匹配，并查看是否需要进行 ECU 匹配和编程。

405. 日野 500 系列混凝土搅拌车突然出现冒蓝烟，同时所有仪表不工作怎么办？

故障现象：一辆日野（HINO）500 系列混凝土搅拌车突然出现冒蓝烟，同时所有仪表不工作。

故障诊断与排除：ZEXEL（杰克赛尔）柴油发动机电控单元可根据加速踏板位置、发动机转速、冷却液温度、燃油温度等信号对喷油器的喷油提前角和齿条位置进行调节，从而较精确地控制喷油正时和喷油量，使柴油发动机排放达到欧Ⅱ标准。该款发动机是柴油发动机电控系统的过渡产品，被广泛应用于五十铃（ISUZU）、日野（HINO）、三菱（MITSUBISHI）等货车。

根据驾驶人反映，故障出现后曾更换过发动机电控单元，但故障依旧。接车后，对发动机电控单元的相关电路进行检查，在测量发动机电控单元的搭铁情况时发现了异常。接通点火开关，用数字万用表电压档测得发动机电控单元搭铁端子与车身之间的电压为 20. 5V，发动机电控单元外壳与车身之间的电压为 20. 2V。一般情况下，搭铁之间的电压降应不超过 1V，否则说明搭铁不良，而现在搭铁之间的电压降竟有 20. 5V，这说明搭铁严重不良。

对蓄电池负极上的线路进行检查，发现蓄电池负极极柱上连接着一根直径为 2. 5mm 的黑色导线，从电路图可知，仪表、收放机及发动机电控单元的搭铁线均通过一个连接器与此线连接。由于该车蓄电池防护盖早已丢失，连接器暴露在外，长期受雨水冲刷，内部已严重氧化，怀疑故障此处搭铁不良造成的。

重新清理、紧固连接器后试车，故障排除。



406. 五十铃（ISUZU）CXZ 系列 51K 型重型混凝土搅拌车冒蓝烟怎么办?

故障现象：一辆五十铃（ISUZU）CXZ 系列 51K 型重型混凝土搅拌车，在进行电焊操作时未把发动机电控单元的连接器断开，待电焊完毕发现发动机在任何转速下都会冒蓝烟，且转速越高冒出的蓝烟越浓。

故障诊断与排除：由于电焊操作流程不规范，推断发动机电控单元已损坏。更换上一只从相同型号车上拆下的发动机电控单元后试车，故障排除。由于发动机控制单元的价格昂贵，因此决定修复发动机电控单元。

拆开发动机电控单元，经检查未发现任何由电击穿造成的烧糊、烧断的位置。该车发动机可以起动，说明发动机电控单元能检测到起动信号；发动机可以平稳加速，说明发动机电控单元能精确控制齿条位置。结合这两点可以判断发动机电控单元的中央处理器（CPU）和齿条控制系统均能正常工作。

经仔细分析认为，柴油机冒蓝烟有：烧机油和混合气燃烧不良两种情况，该车故障原因明显属于后者。怀疑是发动机电控单元内喷油正时控制系统有故障。对喷油正时控制系统的相关部件进行检查，发现场效应晶体管（K1095）损坏。发动机电控单元是通过 K1095 控制正时执行器线圈中的电流大小来调节喷油正时的，一旦 K1095 在电焊时被大电流击穿，必然造成喷油正时失准，混合气燃烧不良，从而出现发动机冒蓝烟的故障。

购买一个 K1095 换上后试车，故障排除。



维修小结

装备电控柴油车在使用中，一是要遵循操作规程，否则会造成不必要的经济损失。

407. 潍柴 WP6. 240 型共轨柴油机不能起动怎么办?

故障现象：装备潍柴 WP6. 240 型共轨柴油机，将点火开关置于起动位置，起动机不动作，柴油机无法起动。

故障诊断与排除：根据上述故障现象，经分析认为，整车插接件有问题，ECU 无电压输入，或者起动继电器有故障。用万用表测量整车插接件的 4 根电压输入线（对应 ECU 的 1. 08、1. 09、1. 02、1. 03 的四个端子），无电压，检查整车电路发现控制 ECU 电压输入的一个 30A 的熔丝被烧坏。

更换新熔丝后，试车，柴油机正常起动，故障排除。

二、传感器故障维修

408. 帕萨特 1. 8T 柴油车高速时加速无力怎么办?

故障现象：一辆上海大众帕萨特 1. 8T 柴油车，装备 BPZ 发动机。该车高速时加速无力。

故障诊断与排除：经试车发现，车速在 80km/h 之前，车辆加速正常；若车速达到 80km/h 后继续加速，车辆加速无力。用故障检测仪检测，有“增压压力限制”的故障记录。根据车况和故障信息更换了废气涡轮增压器，经试车，车辆加速性能有所好转，但车速只能达到 100km/h，同时故障检测仪里存储了“废气再循环流量”的故障记录。拆下废气再循环阀，然后堵住了 2 个接口，清除故障码后试车，故障依旧，同时故障检测仪里存储了

“空气流量传感器低电压”的故障记录。查看了空气流量传感器的数据，为 240mg/r（按发动机转速为 800r/min 计算，约为 3.2g/s），正常。空气流量传感器由 15 号电源线通过熔丝 S231 供电，用万用表测量其端子 2 和端子 4 对搭铁的电压，分别为 12V 和 5V，属正常。为了彻底排除空气流量传感器的故障，更换了空气流量传感器后试车，故障依旧，同时故障检测仪里存储了“废气再循环阀”的故障记录。故障记录一直在变化，一时故障诊断陷入僵局。

于是在车辆静止状态下急踩加速踏板，当发动机转速达到 5000r/min 时，增压压力为 180kPa，这与正常车辆的试验数据一致。帕萨特 1.8T 柴油车的最大增压压力可达 220kPa，一旦超过此压力，就会被增压压力限制阀所限制。若想知道该车增压压力能否达到 220kPa，必须在路试时测量。为了防止增压压力传感器工作不良影响增压压力的测量结果，决定先更换压压力传感器。然而，就在更换增压压力传感器时，发现增压压力传感器上的固定螺栓未旋紧，增压压力传感器略有松动。

将增压压力传感器上的固定螺栓紧固后车，车辆高速时加速，车速可顺利提升到 140km/h，故障排除。



维修小结

该车增压压力传感器上的固定螺栓松动后，当增压压力在 180kPa 以下时，其固定力尚可与增压压力抗衡，增压压力传感器与进气管之间的接触面仍可保持密封，车辆加速正常；当增压压力超过 180kPa 时，其固定力小于增压压力，增压压力传感器与进气管之间的接触面会出现缝隙，部分增压空气从缝隙中泄漏，造成增压压力无法继续升高，同时使混合气偏浓，因此车辆高速时加速无力；而一旦增压压力下降到 180kPa 以下，这种拐点式漏气现象就会消失，所以车辆中低速时加速正常。

409. 中通 LCK6601D3F 客车行车途中自行熄火后，无法再次起动怎么办？

故障现象：一辆中通 LCK6601D3F 客车装备江淮 HFC4DA1 系列电控高压共轨柴油发动机，采用博世 EDC16 电控系统（如图 8-1）。该车在行车途中听到发动机传出类似于金属撞击的声音，之后车辆出现踩加速踏板没有反应的现象，大约一分钟后车辆自行熄火后，无法再次起动。

故障诊断与排除：接车后首先检查发动机外观，未发现明显开裂或损坏的部位。打开点火开关至 ON 位置，发动机故障灯点亮 2s 后自动熄灭，用万用表测量冷却液温度传感器连接器电压，为 4.8V，说明发动机 EDC 正常工作，连接诊断仪读取故障码，系统显示没有故障码。

经分析认为，可能是机械部分或者燃油系统有故障。首先检查燃油系统，低压部分油路为高压部分油路供给足够的油量，主要零部件有油箱，低压回路的进、出油管，燃油滤清器，输油泵和高压泵的低压区。拆掉原车油箱至手油泵的出油管，重新从油箱接一根油管到手油泵 ，松开手油泵出油口，按压手油泵，很快有连续的燃油流出，将出油口管子接上，然后继续按压手油泵直到手油泵变沉重无法继续按压为止，这样就可以排除由于低压油路供油不足而导致的发动机无法起动，但发动机依旧无法起动。

拆卸喷油器高压进油管，打起动机，发现进油管没有燃油流出。怀疑高压油泵未向共轨管内供油，于是拆卸高压油泵出油管，打起动机运转，没有高压油喷出。

博世共轨 EDC16 系统的高压油泵安装在与传统柴油机分配泵相同的位置上。它通过皮



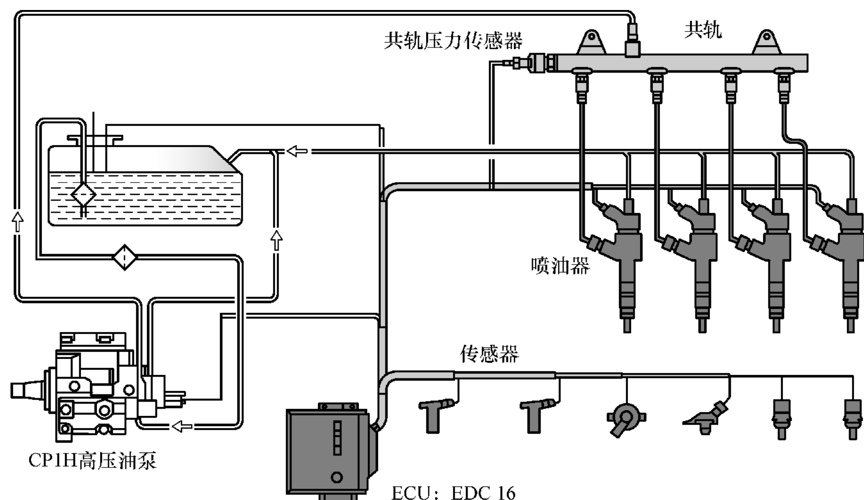


图 8-1 江淮 HFC4DA1 型电控系统及油路示意图

带轮法兰盘、带轮、传动带由发动机驱动，其最高转速不超过 3000r/min。高压泵用柴油作为润滑剂，因此对水分较为敏感，柴油中的水可造成油泵的严重故障。高压油泵上安装有用来控制进入高压油泵高压腔柴油量多少的燃油计量阀。柴油被三个成辐射状安装的互隔 120°的泵油柱塞压缩，高压泵每转一圈有三次供油，峰值驱动转矩较低，油泵驱动系统保持较稳定的负荷。16Nm 的转矩大概是驱动一个同等分配泵所需转矩的 1/9，这就意味着共轨系统比传统的喷射系统在泵的驱动方面负荷相对较少。所需的动力是随着共轨压力和泵的速度（供油量）成比例上升的。

齿轮式输油泵将燃油从油箱泵吸，经过带有油水分离装置的燃油滤清器到达高压泵的进油口。输油泵使燃油经安全阀的节流孔进入高压泵的润滑和冷却回路。凸轮轴使三个泵的柱塞按照凸轮的外形上下运动。

高压泵的柱塞向下运动时（吸油行程），输油泵使燃油经高压泵进油计量比例阀和回油阀进入柱塞腔，在高压泵柱塞越过下止点后，进油阀关闭。这样，柱塞腔内的燃油被密封，它将以高于供油压力的油压被压缩，油压的升高一旦达到共轨的油压，出油阀被打开，被压缩的燃油就进入了高压循环。柱塞继续供给燃油，直至到达上止点（供油行程），压力减小，导致出油阀关闭，仍然在柱塞腔内的燃油压力也下降，柱塞又向下运动。只要柱塞腔内的压力降至低于输油泵的供油压力时，进油阀又开启，吸油过程又开始。

燃油计量阀安装在高压油泵的进油位置，用于调整燃油供给量和燃油压力值。而其调整要求受 ECU 控制。

燃油计量阀在控制线圈通电时，计量阀是导通的，在控制信号最大时可以提供最大流量的燃油。ECU 通过脉冲信号改变高压油泵燃油计量阀进油截面积而增大或减小油量。

EDC16 系统的高压油泵要产生高压油需要同时满足两个条件：一是大于 200r/min；二是正时相位正确。如果 ECU 同时检测到有严重故障，也会控制燃油计量阀关闭，使高压油泵不能产生高压油，如轨压传感器异常、燃油计量阀异常等。

因为故障诊断仪未读取到相关故障码，因此初步排除共轨压力传感器及燃油计量阀电路方面的故障，于是重点检查高压油泵机械故障及正时相位。



拆卸高压油泵回油管，打起动机拖转，回油管有大量回油，说明高压油泵的输油泵工作正常。打开点火开关至 ON 档，用手触摸燃油计量阀有振动感，说明燃油计量阀工作正常。

连接故障诊断仪，起动车辆，读取起动过程的数据流，发现在“同步状态”一栏一直是数字 3，但正常的同步状态应该是 48，车辆才可能起动成功。

EDC16 系统的同步状态由曲轴位置传感器和凸轮轴位置传感器共同确定。起动发动机时，ECU 需采集曲轴位置及凸轮轴位置及凸轮轴位置信号来判定一缸上止点。如果失去凸轮轴位置信号，系统无法设定喷油时刻。当飞轮转动 2 圈后，系统仍检测不到发动机转速信号即曲轴位置传感器信号时，便无法得知当前的曲轴位置，不能确定正确的喷射时刻，系统会控制高压油泵及喷油器不工作，所以发动机无法起动。

首先拆检前齿轮室盖，凸轮轴位置传感器及感应磁铁位置正确，未发现故障。然后拆检变速器总成及离合器压盘，在拆卸压盘的过程中发现有两块 1cm 左右的条状金属从飞轮壳内掉出来，经检查，两块金属是飞轮上的信号齿脱落。

更换新的飞轮（飞轮与信号盘一体）后，试车，发动机顺利起动，故障排除。



维修小结

由于曲轴位置传感器信号盘信号齿脱落，导致 ECU 无法检测到曲轴位置，不能确定喷射时刻，所以 ECU 控制高压油泵及喷油器不工作，发动机无法起动。

而故障诊断仪一直没有显示曲轴位置传感器的相关故障，这给诊断工作增添了不少麻烦，走了很多弯路。同时 EDC16 系统，对电控系统的完整性要求比较严格，共轨压力传感器、曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、燃油计量阀等电控元件工作不正常都会影响车辆起动，这也使故障的诊断时间及难度大大增加。

410. 长城哈弗汽车事故修复后发动机不能起动怎么办?

故障现象：一辆 2011 年生产的长城哈弗汽车，装备了 GW2. 8TC-CB18 型增压共轨柴油机。该车因前部事故修复后，发动机不能起动。

故障诊断与排除：长城哈弗 GW2. 8TC 型柴油机安装了博世 CRS2-14 共轨系统，采用了 EDC16C39 电控单元，最大喷油压力 145MPa。EDC16C39 电控单元无常电源，采用主继电器为 K01、K03、K05 端子供电（如图 8-2 所示）。

该车电控单元采用的传感器包括：曲轴位置传感器（电磁感应式）、凸轮轴位置传感器（霍尔式）、共轨压力传感器、冷却液温度传感器、空气流量计（带进气温度）、加速踏板位置传感器（双电位计）、燃油含水率传感器等。采用的执行器包括：喷油器电磁阀、进油计量比例电磁阀、EGR 电磁阀、预热控制器及预热塞、风扇继电器及风扇电动机、主继电器、压缩机继电器及电磁离合器、发动机故障灯、预热指示灯、燃油含水率指示灯。另外，其他输入信号有：离合器开关（单触点式）、制动开关（双触点式）、点火开关等。

接车后进行试车，确实发动机无法起动。用金德 KT670 诊断仪读取信息，无故障码，读取静态数据流未见异常（起动时，诊断仪自动退出，因而无法读取动态数据流）。

GW2. 8TC 型增压共轨柴油机不能起动故障可能原因有：

① 发动机防盗系统故障。

② 起动时，蓄电池电压过低造成发动机电控系统不能正常工作。



③ 发动机电控单元 EDC 及供电、搭铁电路故障。

④ 发动机相位不同步。

⑤ 重要的传感器、执行器及电路故障如：曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、共轨压力传感器、燃油计量比例电磁阀、喷油器电磁阀等故障，发动机不能迅速地建立所需油压，发动机进入了停机保护状态。

⑥ 其他方面的故障如机械故障等。

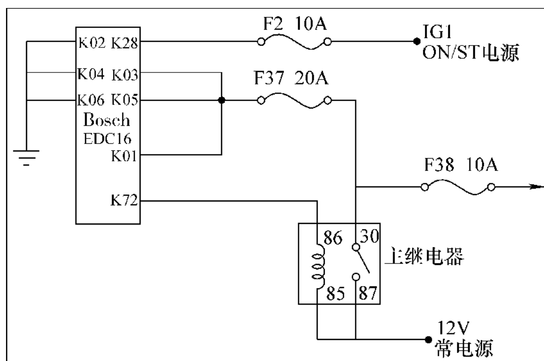


图 8-2　EDC16C39 电源供给系统电路简图

首先检查防盗系统，正常。用万用表测量起动时蓄电池的电压，测量值为 10.3V，满足发动机电控单元正常工作的电压范围（维修手册给出的范围是 6～16V，但是通过实际测量，该电压最低值应高于 9V）。

Bosch EDC16C39 电控单元共 2 个线束插头，A 插头线束为发动机控制线束，K 插头线束为电控单元与电源及车身零部件之间的线束，供电电压为 12V，无常电源。检查电控单元 EDC 供电是否正常，可以采用下列四种方法：

① 点火开关 ON，如果发动机故障灯亮且 3s 左右后熄灭，这表示发动机电控单元经过自检后表示系统正常。

② 点火开关 ON，拔掉冷却液温度传感器或进气温度传感器，用万用表测量传感器电压，如果传感器有 5V 左右的电压，则表明电控单元已正常工作。

③ 在发动机的诊断插座处，测量 7 号端子（K 线）的电压，点火开关 ON 位置时，若电压值为 10V 左右，说明 K 线已能通信，电控单元已正常工作。

④ 用诊断仪进入发动机电控系统，如能进入，说明电控单元供电正常。该车点火开关 ON 时，故障灯亮 3s 左右后熄灭，同时，诊断仪能够进入发动机电控系统，上述检查可以说明电控单元的供电及搭铁电路应正常。

将连接进气歧管与增压器的软管靠近进气歧管的一端拆下，向进气歧管内喷入少许低温起动液，发动机顺利起动，但是当起动液燃烧完后，发动机又熄火，再次起动失败。检查至此，可以判断发动机防盗、起动时蓄电池的电压、电控单元 EDC 的外围电路、发动机的配气相位正常，且无影响起动的机械故障，后续应该重点检查起动时发动机的共轨压力以及重要的传感器、执行器。

目前，高压系统油压测试为标配，其他三项功能为选配。用诊断仪进行高压系统的共轨压力测试，方法如下：选择高压系统测试专用线束，将 BNC 接头连接到诊断仪下端的 CH1 通道上，拔下共轨压力传感器插头，将插孔插接器连接到共轨压力传感器上，将插头插接器连接到共轨压力传感器线束侧插头上。连接诊断仪，选择“高压系统油压测试”菜单，起动发动机 5s 左右，读取起动时共轨压力的数值，该车起动时共轨压力能够达到 31.53MPa（正常值要求至少达到 20MPa）。起动时共轨压力能够满足要求，说明低压油路正常、高压油泵供油压力正常、燃油计量比例电磁阀（常开式，电磁阀不通电时，切断通往高压油泵的油路）正常、共轨压力传感器正常。

将该车喷油器电磁阀的 2 个接线端子都连接到电控单元 EDC 上，电控单元 EDC 利用电

容器的充放电特性实现高压驱动（接近100V）以形成峰值电流，以常规12V电压驱动形成维持电源（基于节能考虑）。拔下1缸喷油器插头，测量喷油器电磁阀的阻值为0.3Ω（正常值为0.3～0.6Ω），正常。将点火开关至于ON位置，在线束侧测量电压值，1号端子的电压值为5.33V，2号端子的电压值为5.87V，正常。上述检查说明1缸喷油器电磁阀的阻值正常，且至电控单元EDC的线路未见断路、短路现象。用发光二极管串联一个300Ω的电阻制作一个试灯（由于喷油器电磁阀采用高压驱动，发光二极管不串联电阻的话，可能引起二极管击穿），拔下1缸喷油器插头，将试灯的两端分别与线束侧一缸喷油器插头的两个端子连接，起动发动机，试灯闪烁，说明电控单元EDC能够对一缸喷油器电磁阀输出控制信号。

GW2.8TC型发动机有如下的控制策略：

① 曲轴位置传感器失效后，当飞轮转动2圈，电控单元仍检测不到发动机转速信号时，便无法得知当前的曲轴位置，因此无法确定正确的喷射时刻及喷油顺序，系统会控制喷油器不工作，造成发动机不起动，若发动机运转时曲轴位置传感器传感器失效，发动机会立即熄火；

② 起动发动机时，电控单元EDC需采集凸轮轴位置信号来判定一缸压缩上止点，如失去凸轮轴位置信号，系统无法设定喷油时刻，发动机将不能起动。若发动机运转时凸轮轴位置传感器失效，发动机会正常起动，但熄火后发动机无法再次起动。

曲轴位置传感器为电磁感应式，共三个接线端子（带屏蔽线）。拔下插头，打开点火开关，在线束侧测量电压，1号端子电压值为1.85V，2号端子电压值为1.77V，正常；在传感器侧插头测量电阻，1号与2号端子间的电阻为930Ω（标准值770～950Ω）；拆下传感器，检查永久磁铁部位未发现有吸附铁屑等金属杂质。用塑料间隙规检查传感器与信号轮之间的间隙值为0.9mm（标准值：0.8～1mm）。上述检查说明曲轴位置传感器的线路、阻值及间隙都正常。

该发动机是4JB1柴油机的改进型，凸轮轴下置安装在缸体上。凸轮轴位置传感器位于发动机前端正时盖的外侧，凸轮轴位置传感器为霍尔式，共三个接线端子（3号为5V电源、2号为信号、1号为搭铁）。拔下凸轮轴位置传感器插头，打开点火开关，在线束侧测量电压，3号电压值为5V电源、2号电压值为4.8V、1号为0。测量1号搭铁线的电阻值为0.9Ω，正常。拆下传感器检查，未发现有吸附铁屑等金属杂质。将传感器插头插上，在插头的2号端子处插一个大头针，点火开关ON位置，用一字旋具距离传感器0.5mm左右的距离，接近或离开传感器（多次），用万用表测量2号端子（信号）的输出电压，发现有时候信号电压一直在4.8V不变或有时候在0与4.8V之间跳动，这明显不正常！2号端子（信号）的输出电压正常值应该在0（一字旋具接近）与4.8V（一字旋具离开）之间跳动。仔细检查凸轮轴位置传感器，发现凸轮轴位置传感器插头靠近固定螺纹孔处有裂纹，分析可能是事故时撞击造成的，凸轮轴位置传感器内部存在故障。

更换凸轮轴位置传感器，起动发动机，顺利起动，读取发动机“曲轴与凸轮轴同步状态”数据流，其数值为“48”，其他数据流如怠速为800r/min、目标轨压与实际轨压都为40MPa、轨压传感器电压值为1.37V、主喷时间561μs、当前喷油量与实际喷油量都为5.49mg/Cyc等数据流都正常，故障排除。



维修小结

1）目前，车用国Ⅲ柴油机安装博世共轨系统的比例最高，其电控单元主要有EDC16（适用于乘用车和轻中型商用车，有12V系统EDC16C39以及兼容12/24V、EDC16UC40两类）、EDC7（适用于中重型商用车，发动机电脑可直接安装在缸体上，同时兼容12/24V）、EDC17（博世最新一代全球化平台，有乘用车12V系统EDC17C、兼容12/24V系统EDC17CV两类，并集成选择性催化还原控制单元DCU功能，以满足国Ⅳ排放法规要求）三种，其中电控单元EDC16与EDC7使用最多。电控单元EDC16与EDC7在控制策略方面有很大的不同，例如：

① EDC7系统可以利用曲轴位置传感器或凸轮轴位置传感器的单一信号工作，而EDC16系统起动时曲轴位置传感器与凸轮轴位置传感器信号缺一不可。

② 进油计量比例电磁阀失效，EDC7系统发动机能起动（在最大共轨压力条件下工作并进入Limp-Home功能），而EDC16系统发动机无法起动。

③ 共轨压力传感器失效，EDC7（进入Limp-Home功能）系统发动机能起动，而EDC16系统发动机无法起动。

2）共轨压力是共轨柴油机的重要参数，博世共轨系统要求起动时压力应达到20MPa以上（Delphi系统要求10MPa以上）。可以利用诊断仪“高压系统油压测试”菜单，进行起动时共轨压力测量。根据起动时的共轨压力值，判断是否满足要求，以便确定后续检查。

如果没有柴油机故障诊断仪，可以通过测量共轨压力传感器的电压间接进行共轨压力值的判断：拔下共轨压力传感器（3个接线端子），找出电源线（5V电源）、搭铁线（测量与地的电阻值），剩下的一根即为信号线，在信号线处插上一个大头针，然后将共轨压力传感器的插头插上。点火开关在ON位置时，共轨压力传感器的信号电压应该为0.5V左右。起动时，共轨压力传感器的信号电压应该达到或超过1.1V（对应的共轨压力为25MPa）左右。怠速时，共轨压力传感器的信号电压为1.37V（对应的共轨压力为40MPa）。

3）博世及Denso共轨系统喷油器电磁阀都采用了高电压驱动（接近100V），其平均电压为17V左右，而Delphi共轨系统采用电源电压驱动，对喷油器电磁阀的检测最好的方法是利用诊断仪（或专用示波器）进行电流波形检测。在没有示波器的情况下，也可以在对喷油器线路、阻值检查正常的情况下，用发光二极管（需串联一个300Ω左右的电阻）制作一个试灯，通过观察试灯是否闪烁来判断喷油器的控制信号是否正常。

4）该车故障是凸轮轴位置传感器由于车辆事故造成凸轮轴位置传感器内部损坏，造成发动机电控单元EDC无法确定一缸上止点位置，使发动机不能起动。

411. 长城哈佛CUV汽车拆装飞轮后发动机无法起动怎么办？

故障现象：一辆2007款长城哈佛CUV汽车，装备GW2.8TC型增压共轨柴油发动机、5速手动变速器。该车拆卸飞轮更换曲轴后油封后，发动机无法起动。

故障诊断与排除：打开点火开关，发动机故障灯在进行正常自检之后熄灭。再次打开点火开关，起动机起动转速大概为200r/min，无着车迹象。说明电控系统已正常运行，并在起动之前没有发现硬性故障码存在，发动机电脑的自检已通过。

对于共轨柴油机系统来说，喷油正时是由ECU根据传感器信息进行精确控制的。对于

本案例故障现象，检查有无形成正确的油压、有无正确喷油控制指令和气缸密封性能是初步确定故障方向的检查要点。另外，防盗因素也是引起发动机不能起动的因素之一，这点可通过诊断仪读取故障码来确认。

首先用 KT670 诊断仪进行检测，进入专家诊断中的柴油机专用菜单，再选择长城汽车进入后读取故障记忆，发现存在故障码 P0016（凸轮轴传感器和曲轴传感器信号状态：偏差太大）。故障码设置条件为发动机运转速度超过 100r/min 后，发动机电脑收到的凸轮轴信号与曲轴信号之间的相位关系不正确。记录故障内容并执行清除故障码记忆命令，重新打开点火开关，读取故障码，显示系统正常。再次重新起动发动机，无法起动，读取故障码，发现 P0016 故障码再次出现。

把仪器调到读取数据流状态，起动发动机，测得数据流。

从故障码及数据流可知，起动过程中油压已达到正常状态，发动机曲轴与凸轮轴同步状态显示为“2”，相位信号不正确，正确显示值应为“48”，故障码 P0016 也验证了凸轮轴传感器和曲轴传感器信号偏差的事实。结合该车的维修经历和故障形成的原因，可以基本确定无法起动的原因是相位信号不正常造成。为明确信号差数值、杜绝误诊，进行曲轴信号和凸轮轴信号的同步性测试和是否存在喷油控制指令测试。

用示波器检查喷油器控制电流波形，结果无控制指令；测量电脑的二极管倍压电路的升压情况，有 80V 的升压电压。

从凸轮轴和曲轴位置传感器信号测试结果看出，数据流中油压正常、喷油器无驱动信号、曲轴位置传感器自身良好，曲轴位置传感器信号输出为标准 58X 信号，没发现单独的异常。但可以清楚看到相位信号的不同步。怀疑是拆装飞轮后安装飞轮的位置出现了错误。

拆下变速器及离合器总成，发现飞轮与曲轴用 8 个螺钉连接，两者之间无定位销，装配时采用按记号装配。仔细检查发现飞轮上的记号不太清晰，所以可能在安装时被修理工认为是无记号，如此造成安装错误。

摇转发动机使 1 缸处于上止点位置，观察发现飞轮的记号确实不在规定位置。在凸轮轴及曲轴的机械正时正确的前提下，拆下凸轮轴位置传感器，可以先转动曲轴，使凸轮轴信号盘的凸缘对正传感器位置。把飞轮壳上曲轴位置传感器对应缸体的位置做个记号，安装飞轮时，使飞轮上的 58X 信号缺口对着缸体上的记号即可。


维修小结

当电脑不能确定正确的相位信息时，在乘用车上，为了保护发动机通常会切断喷油。

长城 GW2.8TC 型增压共轨柴油机的是仿五十铃公司的 4JB1 柴油机，而 4JB1 柴油机并不是电控柴油机，飞轮与曲轴的安装无定位要求。其他车型的电控柴油机飞轮与曲轴之间的安装已全部采用了自动定位方式。所以本案例故障是一个特殊故障，在其他车型上一般不会发生。

412. 长城风骏车在行驶中发动机突然熄火怎么办？

故障现象：一辆 2008 款长城风骏车，装备长城 GW2.8TC 型高压共轨柴油发动机。该车在行驶中发动机会突然熄火，熄火后要等待 10min 左右才能重新起动，但行驶一段时间后又



会突然熄火。

故障诊断与排除：GW2.8TC 型柴油高压共轨发动机正常工作时，发动机 ECU 根据加速踏板位置传感器、空气流量传感器、凸轮轴位置传感器、曲轴位置传感器、共轨压力传感器等信号，计算出实际所需共轨压力和喷油量，然后通过占空比信号控制高压油泵上的进油计量比例阀确定共轨管内的燃油压力，最后通过喷油器上的电磁控制喷油提前角、喷油量及喷油规律，以实现发动机怠速、加速、稳速等运转模式。经分析认为，可能的故障原因有：

① 喷油器上的电磁阀接收不到发动机 ECU 的控制信号。

② 曲轴位置传感器或凸轮轴位置传感器信号异常或连接线路接触不良。

③ 轨压传感器信号异常或连接线路接触不良。

④ 进油计量比例电磁阀损坏或控制线路接触不良。

⑤ 发动机 ECU 工作不正常。

针对以上不同的故障原因。进行检修方法如下。

1）连接故障检测仪读取故障码。无故障码。

2）检查相关线路的连接情况，没有发现明显的断路、短路，而且各线束的连接器均无松脱。

3）检查喷油器。发动机 ECU 根据发动机当前运行状态，通过喷油器电磁阀与喷油压力共同作用对喷油时刻和喷油量进行调整。当喷油器电磁阀有故障或发动机 ECU 没有输出喷油器控制信号时，发动机就会熄火。测量喷油器的电阻，为 0.23Ω（标准电阻为 0.2 ~ 0.3Ω），正常。将试灯依次连接在各喷油器导线侧连接器的端子上，然后起动发动机，试灯均会点亮，测量喷油器电压，有 5V 脉冲电压输入，说明各喷油器控制信号正常。

4）检查曲轴位置传感器和凸轮轴位置传感器。发动机 ECU 若检测不到曲轴位置信号和凸轮轴位置信号，就无法识别当前的曲轴位置及第 1 缸上止点位置，这样由于发动机 ECU 无法设定喷油时刻，喷油器便不工作。

长城车 GW2.8TC 型高压共轨柴油发动机在运转时凸轮轴位置传感器失效，发动机不会立即熄火，而曲轴位置传感器失效，发动机会立即熄火，因此重点检查曲轴位置传感器。测量曲轴位置传感器的电阻，为 816Ω（标准电阻为 770Ω ~ 950Ω）；测量曲轴位置传感器与飞轮信号齿的间隙，为 0.86mm（标准间隙为 0.8mm ~ 1mm），安装位置合适；检查相关线路，没有发现异常。

5）检查共轨压力传感器。共轨压力是发动机 ECU 控制喷油器开启和关闭时刻的重要参数，如果失去共轨压力信号，发动机 ECU 就无法控制喷油器动作，发动机就会熄火。共轨压力传感器共有 3 个端子，端子 3 为 5V 电源端子，端子 2 为信号端子，端子 1 为搭铁端子。正常情况下，接通点火开关，不起动发动机，用万用表测量电源端子与搭铁端子之间的电压，应该为 5V；起动发动机后，在怠速、中速及高速满负荷状态下，共轨压力会应随发动机转速的升高而不断上升，此时用万用表测量信号端子与搭铁端子之间的信号电压，实际共轨压力与信号电压的关系应符合表 8-1。经测量说明共轨压力传感器工作正常。

表 8-1　实际共轨压力与信号电压的关系

实际共轨压力/MPa	0.65	25	33.6	70.3
信号电压/V	0.45	1.06	1.24	2.06

6）检查进油计量比例电磁阀。进油计量比例电磁阀安装在高压油泵上，发动机 ECU 通过占空比信号控制进油计量比例电磁阀的通断，以实现对共轨压力的调整。若进油计量比例电磁阀损坏，就会造成共轨压力过低或无共轨压力，从而使发动机熄火。进油计量比例电磁阀有 2 个端子，测量 2 个端子之间的电阻，为 3Ω，正常。接通点火开关，耳朵靠近进油计量比例电磁阀，能听到嗡鸣声，用手触摸进油计量比例电磁阀，有振动感，说明发动机 ECU 能够通过占空比控制进油计量比例电磁阀的通断。拆下进油计量比例电磁阀，在不通电的情况下，进油计量比例电磁阀处在全闭状态，旁通油道与出油道为关闭状态；向进油计量比例电磁阀通 0V ~5V 的直流电压，随着电压的升高，进油计量比例电磁阀能逐渐打开，旁通油道与出油道为打开状态。以上检查说明进油计量比例电磁阀工作正常。

7）检查发动机 ECU。检查发动机 ECU 的线束与连接器，无松动、脱落、氧化腐蚀等现象。

经过长时间试车，发现发动机温度越高重新起动后出现熄火的频率就越高，说明故障原因可能为某电控元件受温度影响偶发性地不能正常工作。连接故障检测仪，在大负荷情况下运行发动机，读取动态数据流，发现一旦曲轴位置传感器信号突然大幅度减弱，发动机就会立即熄火。拆下曲轴位置传感器，再次检查其线路连接情况，没有发现异常。怀疑发动机 ECU 或曲轴位置传感器有热稳定性不良的故障。用万用表测量曲轴位置传感器的电阻，为 816Ω，正常，这时用热风机对曲轴位置传感器加热，当加热到较高温度时，万用表显示的电阻为 228Ω，不正常，当温度降下来后，电阻又恢复正常。

更换曲轴位置传感器后试车，故障排除。



维修小结

该车发动机运行较长时间后，随着发动机温度的升高，安装在飞轮壳体上的曲轴位置传感器的温度也会升高。当温度达到一定程度时，由于曲轴位置传感器热稳定性差，其内部会出现短路，导致输出信号减弱，此时发动机 ECU 检测不到正常的曲轴位置传感器信号，无法控制喷油器正常工作，从而使发动机熄火。当发动机冷却后，曲轴位置传感器也得到冷却，恢复正常的工作能力，因此在熄火后等待 10min 左右可重新起动发动机。由于出现故障时只是曲轴位置传感器的输出信号减弱，并没有产生故障码，所以用故障检测仪读取不到故障码。

413. 厦门金龙客车发动机故障灯时亮时不亮怎么办？

故障现象：一辆 2008 年产厦门金龙客车，装备玉柴单体泵国Ⅲ发动机。该车发动机故障灯时亮时不亮。当故障灯亮时，电子油门不起作用，几分钟后，发动机又可以正常运转。故障反复出现。

故障诊断与排除：首先读取故障码，没有故障码。用手油泵泵油后，发动机运行不长时间，故障重新出现，因而怀疑是低压油路故障，供油不畅。低压油路包括燃油箱、燃油滤清器、输油泵、供油管、回油管等部件。造成低压油路故障的原因，可能是低压油路部分进入空气，或者是低压油路有漏气的地方。从油箱到高压泵进出油管各个连接部位进行排除式查找，没有发现有漏气的部位。经过与驾驶人协商，决定加装一部电动油泵，用来加速低压供油系统的流量，促使发动机正常运转。

从油箱进油管处加装一个 24V 燃油电动泵，用导线连接电动泵，即钥匙开关 ON 档 +



极→24V继电器→电动泵→搭铁。加装电动泵后，起动着机，发动机能够正常运转，随后进行路试，加速正常，行驶速度能够达到100km/h，故以为故障排除，便交付用户使用。

车辆行驶一个星期后，故障重复出现，并伴有发动机自动熄火，返厂进行修理。参阅单体泵说明书得知，单体泵柴油机在着机后自动熄火故障可能是热保护控制策略起作用。热保护控制策略依照故障的严重等级进入不同的控制策略，在大部分情况下这些策略仍能保持发动机以降低功率的方式工作。

首先是油箱的回油管堵塞可以造成发动机柴油回路中的燃油温度过高，形成燃油温度自保护，出现自动熄火故障。拆装进油管和回油管进行通气试验，没有发现油管堵塞和油管漏气现象。检测燃油温度传感器的电压和阻值，都在标定的范围内。拔掉传感器插头，故障依旧。考虑到单体泵发动机热保护还有进气温度传感器，因而检查进气温度传感器的电压和阻值，也都在标定范围内。拔下进气温度传感器的插件，起动发动机，一下着车，空载转速良好。更换新进气温度传感器后，进行路试，速度还是上不去，并且排气管冒黑烟，最后将进气温度传感器相邻的增压压力传感器也同时更换，再次起动发动机，发动机运转正常，故障指示灯熄灭。最后将加装的电动泵拆掉，恢复原厂设置，进行路试，各项正常，故障排除。



维修小结

单体泵国Ⅲ发动机出现故障灯亮故障时，首先应该排除低压油路故障，保持低压油路通畅。其次，当传感器性能变差时，用万用表检测静态阻值的方法有时会造成误判断，可以试探性地拔掉传感器的插头来进行起动发动机运转试验，该车故障的原因就是进气温度传感器的增压压力传感器损坏。车辆本身自带的诊断系统，只能检测传感器或线路的断路或短路，对于传感器性能变差时的错误信号不能检测，当拔下传感器插头时，系统进入应急状态，发动机虽能运行但是运转性能不好，并且冒黑烟。



注意：

① 燃油温度传感器和进气温度传感器为热敏电阻式，温度越高阻值越小，阻值为1100～1400Ω，工作电压为0～5V。

② 增压压力传感器输出电压为0～5V，工作压力范围为10～250kPa。

414. 金龙客车柴油机最高转速只能达到1600r/min怎么办?

故障现象：一辆装有国Ⅲ高压共轨柴油机的金龙客车，熄火后重新起动车辆，驾驶人踩下加速踏板后，忽然觉得发动机加速性能不良，观察仪表板，发现最高转速只能达到1600r/min，松开加速踏板后发动机不熄火，且怠速运转正常，再踩下加速踏板到最大位置，柴油机转速还是只能达到1600r/min，此时仪表板上的发动机故障指示灯点亮。

故障诊断排除：该车柴油机采用先进的博世电控高压共轨燃油系统，如图8-3所示。从图8-3中可以看出，电控共轨式燃油系统主要由ECU、各种传感器和执行器组成。ECU通过各传感器发出的信号，不断检查发动机的运行状况，计算符合条件的燃油喷射量等，起动执行器，以保证柴油机在任何工况下均能在最佳性能状态工作。

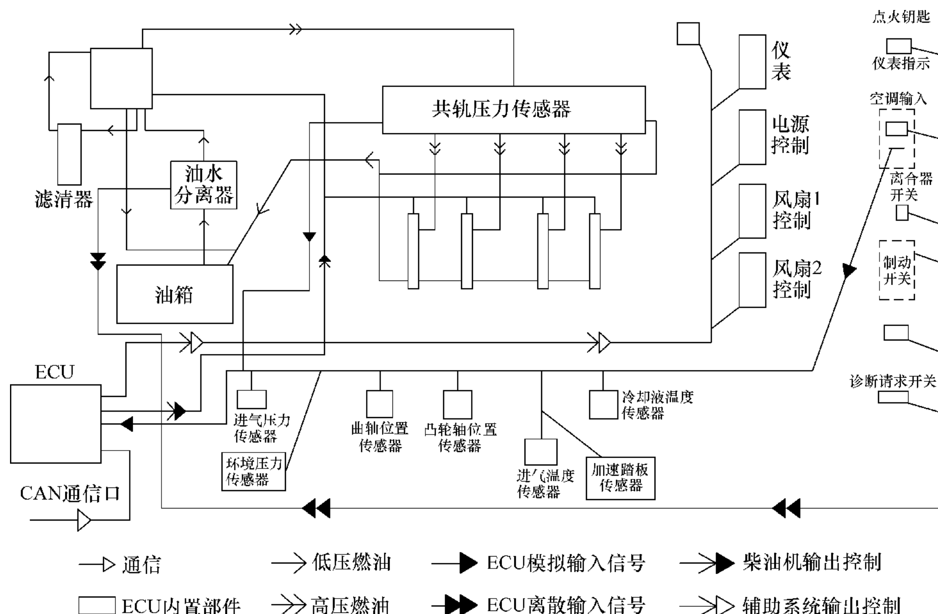


图 8-3　电控高压共轨燃油系统

该柴油机设有 7 个主要传感器，即曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、加速踏板传感器、进气压力传感器、进气温度传感器、燃油温度传感器、冷却液温度传感器。其中，曲轴位置传感器和凸轮轴位置传感器是 2 个至关重要的传感器，这 2 个传感器均为电磁式传感器，即利用电磁感应进行信号检测，并将电磁量转换成电信号，二者结构相同，可以通用。

当传感器中带有齿轮的转子旋转时，轮齿与感应线圈凸缘部（磁头）的空气间隙发生变化，导致通过感应线圈的磁场发生变化，从而在感应线圈里产生交变电动势，通过飞轮凹槽和油泵齿圈产生正弦电压信号，经放大后输送到 ECU。

曲轴位置传感器测量的是发动机转速及上止点信号。该传感器安装在曲轴飞轮壳上，与飞轮保持一定的间隙［间隙值为（0.5 ±1.5）mm］。飞轮上有 58 个凹槽（60-2），缺的 2 个凹槽对应 1 缸上止点。传感器针脚间的电阻为 860Ω，以脉冲形式检测发动机转速。曲轴位置传感器信号是发动机工作最重要的信号，ECU 根据这一信号确定发动机工况，从而确定喷油提前角，并计算喷油量。当这一信号消失时，ECU 会报警，仪表板上的报警灯点亮，同时会储存故障码，且发动机功率下降 20%，喷射压力限制在 100MPa 以内，起动时间延长 3 ~5s。

凸轮轴位置传感器主要用于判缸，感应相位信号，确定发火次序。该传感器布置在齿轮泵体侧面，齿轮泵齿圈有 5 个齿（每缸上止点对应 1 个齿，2 个紧靠在一起的齿为 1 缸上止点），安装空气间隙为（0.5 ±1.5）mm，如果间隙过大或过小，都会使电压尖峰信号不够。传感器针脚间的电阻为 860Ω。该传感器失效后，ECU 采用喷射试探的办法使发动机起动，但起动时间延长 6 ~10s，发动机功率下降 20%，喷射压力限制在 100MPa 以内。

经仔细分析，认为该故障与这两个传感器有关系。由于仪表板上的故障指示灯点亮，遂通过故障指示灯读取故障码，得到的故障码为“142”。该故障码的含义为“凸轮信号丢失/错误”，维修建议为“检查凸轮轴位置传感器信号线路，检查凸轮轴位置传感器是否损坏”。

于是用数字式万用表对凸轮轴位置传感器进行检测，主要检查感应线圈的电阻值和



ECU 给传感器的输出电压。

检测方法是：使柴油机静止不动，将点火开关置于“OFF”位置，数字式万用表拨到电阻档，拔下传感器插头，用两表笔分别接触凸轮轴位置传感器线圈针脚，测量感应线圈的电阻值，结果为850Ω，符合标准；将数字式万用表拨到交流电压档，用两表笔分别接触 ECU 输出到凸轮轴位置传感器插接件针脚，同时打开点火开关，测得输出电压为5V，也符合规定。

对凸轮轴位置传感器的检测没有发现问题，接着对相互配合工作的曲轴位置传感器进行检测，也没有发现异常。

在进行上述检查的同时，晃动相应传感器的连接导线，并查看万用表指示值是否随之变化。经观察未发现变化，说明线路连接可靠（若万用表指示值随导线晃动而变化，则说明导线内部有断路，或者其他部位接触不良，应予检查排除）。

连接故障诊断仪，读取故障码，仪器显示故障为“同步信号出错”。在确认是同步信号出现问题后，合理利用该车的“跛行回家”功能检测故障。

当曲轴位置传感器损坏或信号断路、短路时，ECU 控制策略将进入“跛行回家”功能来判断故障，其检测方法如下：

1）在车辆静止时，将凸轮轴位置传感器导线接插件断开，打开点火开关，起动发动机，分别快速和缓慢踩下加速踏板，使发动机由怠速运转急加速和缓慢加速到可能达到的最高转速，并对发动机转速情况进行比较，发现在这两种情况下发动机的最高转速仍只能达到1600r/min，与发生故障时的现象类似。关闭点火开关，使发动机熄火，并将凸轮轴位置传感器接插件恢复到原位。

2）将曲轴位置传感器导线连接器断开，打开点火开关，起动发动机，发动机起动较迟缓，踩下加速踏板使发动机由怠速运转加速至最高转速，发动机排气管冒白烟，显然是供油较晚，说明故障出在凸轮轴位置传感器。由于前面对凸轮轴位置传感器感应线圈电阻和输出电压的检查也符合规定，所以分析可能是向凸轮轴位置传感器提供信号的信号盘有故障。于是，将齿轮泵前端的检测端拆下，观察并用手晃动信号盘，发现果然是信号盘松动了。

拆下前齿轮室盖，经检查发现固定信号盘的锁止螺母有些松动。拆下锁止螺母，发现固定信号盘的稳定螺钉已被切断，信号盘在发动机旋转力的作用下，只能向后偏移（偏移量取决于螺母的锁紧程度）。松动偏移的信号盘使得传感器和 ECU 接收的信号都是有一定误差的信号，致使发动机供油时间偏晚，形成了“跛行回家”的故障。

将折断的稳定螺钉取出，按照原样加工螺钉后重新装配。起动发动机，加速性能良好，动力恢复如初。读取故障码，无故障显示，发动机各工况均工作正常。最后用故障诊断仪删除历史故障码。故障排除。



维修小结

装有国Ⅲ电控柴油机的车辆在设计上别具特色，其中之一便是它的“跛行回家”功能，即在车辆行驶中，当发动机电控系统的某些元件因出现故障而失效后，多数情况下发动机不会停机，而是进入降级模式，发动机仍维持运转，只是输出功率受到限制。此时，电子控制单元（ECU）采用“跛行回家”控制策略替代驾驶人发出的加速踏板指令，失效的传感器参数会被 ECU 用缺省值代替，发动机在转速受到限制的情况下继续运行，从而确保车辆能行驶到维修站检修，或者通过远程网络得到厂家技术专家的诊断支持。

415. 金龙客车在行驶途中自行熄火后无法起动怎么办?

故障现象：一辆金龙客车装配朝柴 CY4102-C3C 发动机，行驶途中自行熄火，后无法起动。

故障诊断与排除：询问驾驶人得知，该车辆行驶正常，后来车辆突然抖动起来，然后自行熄火后无法再次起动。

打开点火开关，ECU 故障灯常亮，用万用表测量冷却液温度传感器接插件，有 5V 电压，说明 ECU 已经工作。连接诊断仪，读取故障码，分别为：

1）P0217　冷却液温度传感器工作正常，但冷却液温度超出门槛值；

2）P1013　共轨压力偏差低于下限门槛值，并且喷油量低于门槛值；

3）P0335　曲轴故障，没有曲轴信号

4）P0686　主继电器 2 故障，与接地短路；

5）P1619　故障指示灯故障，电源短路；

6）P0540　空气加热器常开故障，空气加热器常开。

经分析认为，该车发动机无法起动的主要原因是无曲轴信号。用万用表测量曲轴位置传感器两端子间的电阻值为 480Ω，正常应为 900Ω 左右，说明曲轴位置传感器已损坏。拆检曲轴位置传感器检查，发现头部损被打坏，说明离合器内有杂物，为了防止再次损坏，拆检离合器，发现分离轴承散架，轴承滚子随离合器旋转将传感器打坏。将分离轴承及曲轴位置传感器装复后试车，仍然无法起动。

还有一个故障码 P1013（轨压偏差低于下限压值并且喷油量低于正常值），该故障说明系统无法建立共轨压力，一般是低压油路出现故障。询问驾驶人得知，该车行驶 3 万 km，一直没有更换柴油滤清器。拆检滤清器发现里面都变成了黑色，柴油滤清器堵塞造成油路供油不畅。更换滤清器后发动机顺利起动，故障排除。

416. 中通 LCK6125 客车行驶中出现加速踏板失效怎么办?

故障现象：一辆中通 LCK6125 客车装配潍柴 WP10，360 发动机，行驶中出现加速踏板失效，怠速提升至 1100r/min，进入“跛行回家”状态。

故障诊断与排除：出现怠转速速 1100r/min，大部分是电子油门或加速踏板信号线路出现故障，连接诊断仪读出故障码。当前故障为加速踏板位置传感器 1 电压值高出上限门槛值。因该车长达 12m，所以加速踏板位置传感器的线束也是十几米，且线束固定在车架内，查找困难，所以先测量加速踏板位置传感器电阻特性，在正常范围内。为保证准确性将该加速踏板位置传感器接到同型号车辆上，工作正常，排除传感器故障。

将加速踏板位置传感器的原线束从接插件处断开，按照 ECU 线路图重新连接导线测试，即重新制作一条加速踏板位置传感器与发动机的连接线束。重新连接后一切正常，这样就可以断定是原车加速踏板位置传感器线束出现了故障。发动机线束一般是成捆、成束包扎在一起，其本身不易出现故障，排除是受外力影响，如拉扯、挤压、摩擦以及烘烤，导致绝缘层开裂或导线断裂。虽然对于线路故障可以采取“飞线”的方式重新进行连接，但是如果不查找出故障部位，故障部位的外力就会始终作用在该线束的故障点，引起更多线路的故障。如果再遇到进水等状况，就可能会引起短路而烧毁整车线路或 ECU。

在排查该车线路到发动机附近时，发现有一处线束与发动机排气管贴在一起，且波纹管



已经破损，扒开波纹管，发现有两条导线损坏。其中一条就是加速踏板信号线，将该线路接合后试车，故障排除。

417. 陕汽德龙 F2000 型牵引车起动发动机时起动机没有反应怎么办?

故障现象：一辆陕汽德龙 F2000 型牵引车（配备潍柴 WP9-336 国Ⅲ柴油机），起动发动机时起动机没有反应。

故障诊断与排除：接车后检查，发现起动机 30 号接线柱到发电机 B＋接线柱间的电源线烧坏，将该线重新包裹好后接通点火开关，发现仪表板上的 EDC 指示灯不亮（正常情况下 EDC 指示灯应该点亮，ECU 自检结束后，系统正常情况下该指示灯应熄灭）。连接潍柴专用故障检测仪进行检测，发现故障检测仪无法与 ECU 通信，怀疑 ECU 由于那根烧坏的电源线，再次检查那根烧坏的电源线，发现该电源线与曲轴箱通风管相互摩擦，导致电源线因外皮磨损而短路，短路时过大的电流使得 ECU 损坏。

更换 ECU 后试车，发动机起动成功。再次用故障检测仪进行检测，调得的故障内容为燃油量单元短路，接着将高压油泵尾部的燃油量单元导线侧连接器拔下后用故障检测仪检查，故障检测仪显示燃油量单元开路，说明故障出在燃油量单元内部。由于燃油单元不能单独更换，只能更换高压油泵总成。

更换一只高压油泵总成后试车，发动机工作正常，故障排除。

418. 陕汽德龙 F2000 水泥搅拌车有时在高速行驶或爬坡时，踩下加速踏板，发动机一点反应也没有，此时发动机转速会继续下降，若再踩几次，又会变好怎么办?

故障现象：一辆陕汽德龙 F2000 水泥搅拌车（装备潍柴 WP9-336 国Ⅲ柴油机），该车有时在高速行驶或爬坡加速踏板被踩下时，发动机一点反应也没有，此时发动机转速会继续下降，若再踩几次，又会变好。

故障诊断与排除：根据上述故障现象，首先连接潍柴专用故障检测仪进行检测，调得的故障内容为制动副开关信号不可靠。制动主开关在制动踏板的正上方，为常开式电磁感应开关，而制动副开关为常闭式，在制动踏板的左上方，当踩下制动踏板后，制动主开关接通，而制动副开关断开，当它们中的一个或两个的信号出现问题时产生故障码，此时由于 ECU 接收不到制动信号，就会自动限制发动机转速，将发动机的转速维持在 1700r/min 左右。

经检查发现，制动主开关损坏，换上新的制动主开关后，用故障检测仪检测，上述故障码消失，于是对该车进行路试。在高速公路上试车，上述故障现象再次出现，用故障检测仪读取故障码，没有故障码储存。读取数据流发现，出现故障时，故障检测仪上显示的车速为 222km/h，喷油器的喷油量为 0，而当时的实际车速仅为 80km/h，按照这样的车速下喷油量也不应该为 0。于是将车速传感器导线侧连接器拔下后试车，上述故障现象消失。原来上述故障是因为车速传感器损坏所导致的。该车型具有超速断油功能，当车速超过一定值时（具体数值因车而异），ECU 就会限制喷油器的喷油，只有当车速降到一定值后才会恢复继续喷油。

将车速传感器更换后试车，故障排除。

419. 华泰圣达菲发动机拉瓦修复后不能起动怎么办?

故障现象：一辆华泰圣达菲 2.0VGT 汽车，在行驶途中因机油滤清器漏油造成发动机拉瓦，修复后发动机不能着车。发动机起动一次后，就再也无着车迹象，同时发动机故障灯点亮。

故障诊断与排除：询问驾驶人得知，该车是因漏机油造成拉瓦进行维修，拉瓦前该车是

正常行驶，维修后不能起动。用检测仪读到故障码 PO340：凸轮轴传感器/曲轴传感器故障。

该车供油系统原理如图 8-4 所示。ECU 根据电控柴油机曲轴信号盘与凸轮轴信号盘的相位关系判断柴油机运行的角度相位（也称判缸）并计算柴油机转速。仅在判缸成功后才能开始喷油，在正常情况下，有以下几种起动模式。

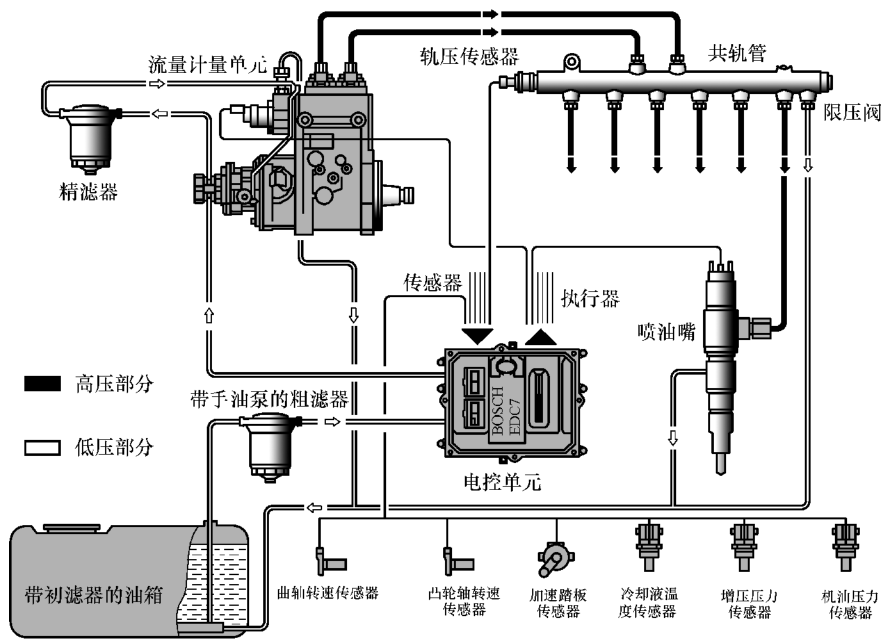


图 8-4　供油系统原理

1）正常模式（曲轴/凸轮轴传感器均正常）：在起动过程中，曲轴信号与凸轮轴信号均正常时，ECU 结合曲轴缺齿判断与凸轮轴多齿判断进行判缸。判缸过程迅速、可靠。

2）后备模式 1（仅有凸轮轴传感器）：在起动过程中，仅有凸轮轴信号时，ECU 通过检测判缸齿（第 1 缸前的多余齿）确定当前柴油机的正确相位，从而按照正确的喷油时序喷射。

3）后备模式 2（仅有曲轴传感器）：在起动过程中，仅有曲轴信号时，当 ECU 检测到一个缺齿时，猜测柴油机此时处于第 1 缸上止点前，按照此假定的角度相位，以 1-3-4-2 的喷油时序持续一定次数的喷射。当发动机转速超过一定阈值时，可以判断此相位正确，从而判缸成功；若没有转速升高的着车迹象，则重新假定一相位喷油以判缸。

4）如果信号始终不正确（错误的相位信号）：可能不能着车。

首先，根据故障码检查了凸轮轴传感器和曲轴传感器的外观无损坏，安装位置间隙 1mm 符合标准，凸轮轴传感器电压为 5V 也正常。用检测仪可以看到发动机的转速为 350r/min，曲轴传感器的阻值为 0. 8kΩ。用示波器分别检测了这两个传感器的信号均正常。说明传感器及线路没有故障。

经过仔细分析，在两个传感器都没有故障的前提下，只有一种可能：那就是曲轴传感器和凸轮轴传感器的信号不同步（这种故障在汽油车中也比较常见）。

于是对发动机的正时进行了检查，结果正常。考虑到曲轴和凸轮轴的信号不同步，决定把信号盘拆下来检查，经检查发现凸轮轴与凸轮轴带轮的定位销已经折断，导致凸轮轴和带轮不



同步。

将凸轮轴与凸轮轴带轮的定位销修复后试车，故障排除。



维修小结

因为这款车发动机凸轮轴传感器是安装在凸轮轴带轮的另一端，所以正时是对的，但因为定位销断了凸轮轴并没和带轮同时运转，造成凸轮轴传感器检测到的信号和曲轴传感器检测到的信号不同步。

420. 丰田 Hilux4×4 轻型货车车速表不指示怎么办?

故障现象：丰田 Hilux4×4 轻型车，型号为 KUN25R-TRMDH，装配 2KD-FTV 型电控涡轮增压高压共轨柴油机和手动变速器。该车车速表不指示，更换新车速传感器只能使用几天。

故障诊断与排除：根据上述故障现象，先从正常车上取下车速传感器，对其电阻值进行测试，与故障车传感器进行比较，发现故障车车速传感器接线端子 1 和 2 直流电阻不到 100Ω，判断霍尔传感器内部的放大电路出现短路。霍尔式车速传感器接线端子之间电阻正常值见表 8-2。但此项测试只能说明传感器是否存在短路和断路故障（硬故障）。

表 8-2　霍尔式车速传感器电阻正常值

端子图形	测试端子	电阻值/kΩ
1 2 3 ⊕万用表正极 ⊖万用表负极	1⊕　2⊖	4
	1⊖　2⊕	9
	2⊕　3⊖	22
	2⊖　3⊕	4.51
	1⊕　3⊖	12～15
	1⊖　3⊕	5

若霍尔式车速传感器中的电子器件性能发生变化，则必须使用示波器测试，对脉冲波形进行分析。如果没有示波器，可采用图 8-5 接线方法，使用指针式万用表电压档测试车速传感器端子 3 信号电压，来大致判断传感器的好坏。即转动车速传感器轴，同时观察电压表是否在 0～12V 读数之间变化，传感器轴每转一圈，电压应该变化 4 次，如果电压不按此规律变化，说明传感器有问题，必须更换传感器。

经仔细分析，认为车速表至传感器的电路有故障。于是拔下传感器插头，接通点火开关 ON 档，检测传感器插座 1 与 2 之间电压为 12.8V（蓄电池电压），起动发动机后电压为 14.2V，2～3min 后饱和，电压降为 14.1V，充电系统正常。怀疑霍尔传感器短路与电压不稳定有关，于是试着给车速传感器电源线上串接了一只 7812CV 型三端稳压 IC，故障排除。霍尔式车速传感器接线图如图 8-6 所示。

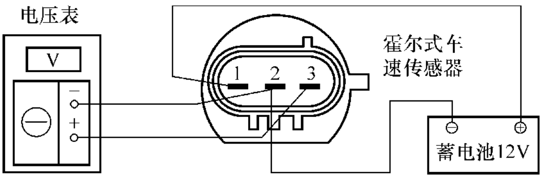


图 8-5　车速传感器的检测接线示意图

具体方法是：将车速传感器电源线（红/黑色线）剪断，将三端稳压 IC 串接在该线上，三端稳压 IC 须安装在 50mm × 60mm 的铜板上（散热板），选择合适位置将它固定在变速器壳体上（利用原有螺栓），再将三端稳压 IC 负极线与 2 棕色线（搭铁线）连接。起动车后测量三端稳压 IC 输出电压，无论发动机转速如何变化，电压始终稳定在 12.5V。该车其他传感器的 5V 参考电压，源于仪表或 ECM 电路板上的稳压电路。

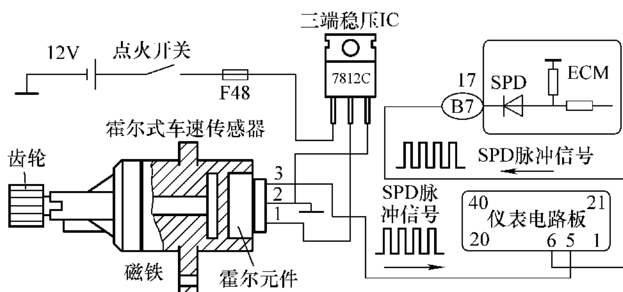


图 8-6　霍尔式车速传感器接线图

421. 西沃 XW6123C 大客车二级维护后出现挂档行驶后加速困难，发动机动力不足怎么办？

故障现象：一辆西安西沃客车有限公司生产的 XW6123C 大型客车装配一汽锡柴 CA6DL1-32E 发动机，发动机采用日本电装公司的电控高压共轨燃油喷射系统。该车二级维护后出现挂档行驶后加速困难，发动机动力不足。

故障诊断与排除：询问该车驾驶人得知，在进行二级维护以前该车发动机工作正常，于是怀疑在维护过程中人为制造了故障。首先，接通点火开关后接通故障诊断开关发动机故障灯均匀闪烁，未发现有故障码。因为汽车在维护的过程中更换了全部燃油滤清器和油水分离器，怀疑是在更换燃油滤清器过程中造成空气混入或油管堵塞从而引起供油不足，接着对整个油路进行认真排查后，未发现异常情况。原地起动发动机试验，发动机工作完全正常。进一步路试，发现车辆在挂档起步的初期加速性能正常，但当车速达到 8km/h 左右后，感到加速踏板处于空行程位置。查阅该车说明书发现，该车装配有 ASR，即驱动防滑系统，它属于汽车主动安全装置，又称牵引力控制系统，以防止车辆尤其是功率较大的车辆在起步及加速驱动轮打滑，以保证车辆的行驶稳定性。根据故障现象，应该是 ASR 起作用限制了发动机的功率输出，造成发动机功率不足的现象。

为进一步试验证故障，将由点火开关上的 15 号电源 ABS/ASR 模块的 14 号熔丝取出后进行路试，发动机工作恢复了正常，说明上述故障现象就是 ASR 误工作所致。

经过进一步检查，发现修理工在维护前轮时，不小心将润滑脂粘附在轮速传感器头部上，造成前轮轮速传感器输出信号有误，引起 ASR 误动作。将前轮轮速传感器头部润滑脂清除干净后装复试车，故障排除。

三、执行器故障检修

422. 江淮 HK6606K 型客车研磨气门后起动发动机，运转数秒后发动机自行熄火，且无法重新起动怎么办？

故障现象：一辆江淮 HK6606K 型客车，装备玉柴国Ⅱ YC4F115-20 型柴油机。该车因发动机异响、运转无力到服务站检修，研磨气门后起动发动机，运转数秒后发动机自行熄火，且无法重新起动。



故障诊断与排除：接车后试车，发现异响来自发动机内部，从外部很难判断具体部位，于是分解发动机，检查活塞、连杆、气门、齿轮等室内部零部件，但未能找到故障部位。

进一步检查发现4只进气门和气门座密封不严，进气门和气门座工作面有严重的漏气痕迹。重新研磨气门，装复后起动发动机，但数秒后又自行熄火，且无法重新起动。

1）打开点火开关，发动机故障指示灯闪烁自检，自检完成后指示灯熄灭，说明发动机的电源系统正常。

2）连接博世KTS诊断仪，读取故障码，无故障码输出。起动发动机，读取共轨压力数据，显示值为“0”，初步怀疑油路中有空气。排除低压油路和高压油路中的空气，再次起动发动机，此时共轨压力超过30MPa，发动机转速也超过250r/min，满足起动条件，但发动机仍然不能起动运转，不过此时发动机有着车的征兆，好像有1个缸在工作。怀疑高压油路的空气排除不彻底，遂松开高压油管与喷油器端的连接螺母，发现高压油路中有大量空气，逐缸对高压管路进行排气，排完后起动发动机，却一点着车征兆也没有了。

3）检查曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器输出的基准信号，均正常。

4）考虑到发动机刚拆卸过气缸盖，于是检查气门装配、调整是否有误，结果也均无误（后来仔细想想，发动机装好后曾起动运转了几秒钟，所以应不存在气门装配或调整错误）。

5）从诊断仪上的数据流可以看出，循环供油量已达到110mg，说明ECU已向喷油器发出了喷油指令，那么110mg燃油的流向显然有2种可能，一是通过喷油器喷入了气缸；二是从喷油器回油管回流，没有进入气缸。拆开4只喷油器的回油管，起动发动机，观察各缸喷油器回油管的回油情况，结果各回油管均有回油，只是回油量大小稍有差别。

6）经上述检修后，怀疑喷油器有故障。于是将1缸喷油器从气缸盖上拆下来，连接到高压油管上，然后起动发动机，发现喷油器根本不喷油。用同样的方法检查剩余3个缸的喷油器，同样也无喷油。

7）将故障车上的4只喷油器接到正常的发动机上（喷油器只与高压油管连接即可，不必装到气缸盖上），各喷油器仍然不喷油，说明4只喷油器确实损坏。

更换4只新喷油器后试车，发动机顺利起动，故障排除。



维修小结

由于检修时拆卸高压油管与喷油器端连接螺母的方法不当，从而造成上述故障。当时拆卸连接螺母的方法如图8-7所示，显然喷油器腰部承受了很大的扭转力矩，使喷油器产生变形，损坏了内部油道。如果用一个扳手卡住喷油器，而用另一个扳手拆卸螺母（如图8-8所示），这样喷油器腰部不承受大的扭转力矩，就可以保护内部油道不被损坏。对喷油器的拆装没有这样的要求。在此提醒其他同行们注意这一点，以避免造成不必要的损失。

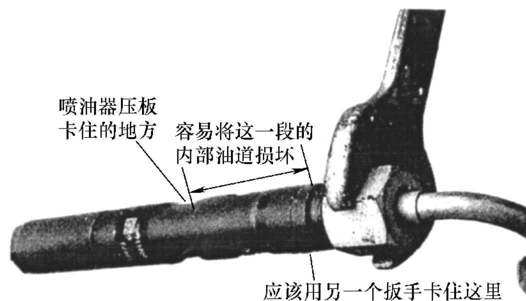


图 8-7 易造成损坏的操作方法

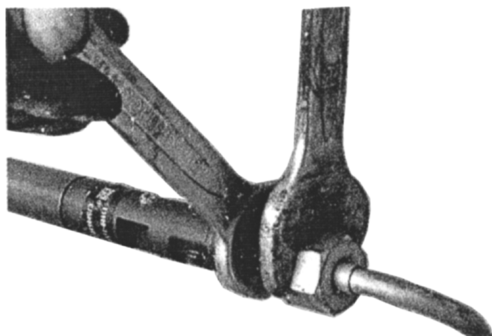


图 8-8 较安全的操作方法

423. 依维柯国Ⅲ共轨发动机转速达到 3500r/min 时，发动机转速加不上去，怎么办?

故障现象：一台依维柯国Ⅲ共轨车发动机转速达到3500r/min 时，发动机转速就加不上去了。同时故障灯闪亮，偶尔能达到4000r/min，当转速下降后，故障灯自动熄灭，同时发动机恢复正常。

故障诊断与排除：南京依维柯生产的索菲姆 8140. 43S 柴油机采用了德国博世公司的电控高压共轨系统，该系统是博世第一代高压共轨系统。其系统中 CP1 型高压油泵与传统机械柴油机的机械分配泵完全不同，是柴油机高压共轨系统的核心部件之一。

CP1 型高压油泵结构如图 8-9 所示，高压泵作用是产生高压油，它采用三个径向布置的柱塞泵油元件产生高压油。

第三柱塞关闭电磁阀功用是增加润滑径向泵的柴油流量，在 4200r/min 以上起作用（当不需要动力时)，此时高压油泵的 1/3 的流量回到泵的内部低压腔内以保证衬套的润滑，并且减少供油量和功率损耗（这是 CP1 泵的缺点，目前依维柯国Ⅳ车型 F1C 发动机采用博世第二代高压共轨，高压泵为 CP3. 2，其共轨压力采用高压端调节，所以取消了第三柱塞关闭电磁阀)。

高压泵上的共轨压力调节电磁阀结构如图 8-10 所示，作用是根据发动机负荷状况调整和保持共轨管中的燃油压力。当需要提高共轨管中的压力时，电磁线圈带电，压紧相应的阀门，使共轨管中的压力升高到与其平衡为止，然后调节阀门停留在一定开启位置，保持压力不变。

用诊断仪读故障码为负油压偏差，说明高压泵产生的实际共轨油压与电脑标定的理论油压偏差过大，已无法跟踪。其原因一般有两种可能：①高压泵故障；②喷油器故障。这两个元件一个是对共轨蓄压，一个可以认为是泄压元件，两者在 ECU 的控制下可以实现发动机各种工况下的最佳共轨燃油压力，所以两者任何一个出现故障都可能造成高压泵产生的实际共轨油压与电脑标定的理论油压偏差过大，共轨油压不稳。但用诊断仪观察数据流，在故障出现的发动机转速 3500r/min 以下时，共轨燃油压力数值始终跟随共轨压力目标值；而当发动机转速超过 3500r/min 以上时，共轨燃油压力数值明显低于共轨压力目标值，当达到 460MPa 时就难以继续提高了，这时发动机故障灯也立刻闪亮，因此可以判断该车故障是 ECU 发现共轨燃油压力无法控制了。同时由于故障出现时共轨燃油压力偏低，导致喷入气缸内的燃油减少，发动机转速就加不上去。另外，结合故障现象分析，如果是喷油器泄世导致的共轨燃油压力数值低于共轨压力目标值，比如发生喷油器发生卡滞滴漏，其故障现象往往还伴随发动机工作不平衡；而该车故障发生时，发动机并无缺缸、工作粗暴、异响等运转不平衡现象，所以判断高压泵故障的可能性较大，更换高压泵后试车，故障排除。



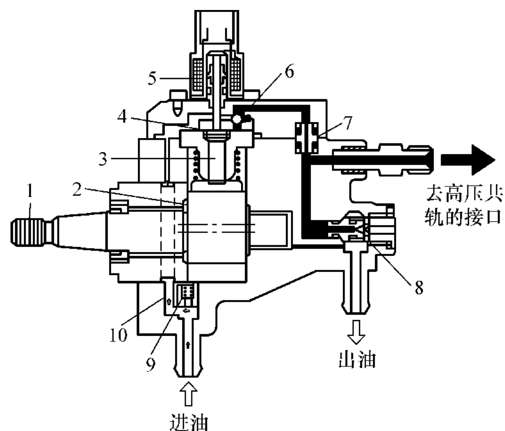


图 8-9　CP1 型高压油泵
1—带偏心凸轮的驱动轴　2—多边环　3—柱塞油泵　4—进油阀　5—第三柱塞关闭电磁阀　6—出油阀　7—套　8—共轨压力调节电磁阀　9—进油压力调节阀　10—节流阀

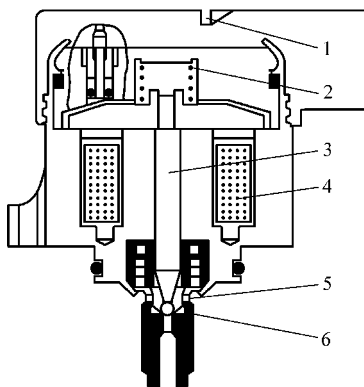


图 8-10　共轨压力调节电磁阀
1—电气接头　2—弹簧　3—电枢　4—电磁线圈　5—回油孔　6—阀门



维修小结

在检修国Ⅲ车时，有时根据故障发生条件是否有规律性，可以作为准确判断故障的一个要点，比如在该例中高压泵如果有故障，该车在 3500r/min 出现，其他车同样故障可能在另一个转速（如 2500r/min）时出现，但该故障共性是都在某一固定转速时出现，而发动机的转速稳定，如果是喷油器故障，表现往往是伴随着发动机转速的不平衡、缺缸、异响、工作粗暴等，即故障往往伴随着无规律性的现象。

424. 依维柯欧Ⅲ车在正常行驶中发动机突然熄火怎么办？

故障现象：一辆依维柯维欧Ⅲ车发动机型号为 8140. 43S。该车在正常行驶中发动机突然熄火。

故障诊断与排除：询问车主得知，该车定程保养里程在 5000km，柴油滤清器更换不到 1 个月，检查发现柴滤比较新，但油水分离器较旧。经询问可能很久没有更换过，当时故障发生时，有故障码产生，人工读码为 8. 1，即燃油压力控制故障，但后来用诊断仪清除故障码后，电脑再没有出现任何故障码。起动发动机观察数据流，发现共轨压力在 200～300kPa 之间，而电脑设定值在 26MPa 左右，油压调整器的调整百分比也有变化，说明电脑已经给出控制命令。

根据上述情况判断该车故障基本出在油路上，首先断开高压泵的回油管及断开油压调整阀接线端子。起动发动机，发现有大量柴油从高压泵回油口流出，说明柴油已进入高压泵。该车低压油路路径是；柴油从油箱被吸出，到油水分离器，到电动燃油泵，到柴油滤清器，最后到高压泵进油口。经检查发现柴油滤清器出口压力为 170kPa，正常值为 170～200kPa，偏低但基本正常。更换柴油滤清器后压力几乎没有变化，于是为排除是否柴油滤清器总成故障或高压泵的故障，绕过柴油滤清器和油水分离器，直接把油箱出油口、高压泵进油口连起来，仍然无法起动发动机。测得此时高压泵进油口压力已高达 400kPa，这就基本排除柴油滤清器总成的故障。

接着将油压表接入柴油滤清器回油管路，油压为 40kPa，压力不高，基本正常。经过对进

油和回油低压管路的检查，确定是高压泵的故障，恢复油路系统，拆下高压泵，并拆卸了其上的第三泵停油阀和共轨油压调整阀以及高压出油接头，用化油器清洗剂仔细清洗高压泵及拆卸的各部件，并用大头针挑动油压调整阀内的针阀，排除因油压调整器内溢流阀卡滞造成的故障。

最后将高压泵恢复，起动发动机，观察共轨油压逐渐升高，直至发动机顺利起动，但感觉动力不足，并且有油压调整器故障码产生，但动力很快恢复正常，故障码可以清除并不再出现。经过几次重复起动，感觉发动机起动时间较长，共轨油压蓄压困难。

用诊断仪发现实际共轨油压不是很稳定，后来将高压泵送博世高压泵校验中心鉴定。该泵磨损严重，其实际供给流量只有标准的三分之二，换上新的高压泵后，发动机工作正常，故障排除。


维修小结

① 高压泵进油口压力只要大于170kPa，低压进油回路就基本正常，至于该车压力略微偏低可能是电动泵使用日久和油水分离器没有及时更换引起的。

② 该车的故障是由于高压无法建立造成的，一方面该泵磨损流量不足，另一方面可能是油压调整阀中的溢流阀卡滞无法调整，使得其内部溢流阀不受电脑控制，始终处于打开状态，使得进入高压泵的燃油溢流又回到了燃油箱。

③ 在检查油箱剩余燃油发现，油色发黑，污浊，油品较差。由于柴油品质无法保证。尽管发动机有滤清器，但油品太差，会影响过滤效果，这是该车高压泵磨损过度的重要原因。

④ 了解该用户的定程保养里程较短，可在拆卸高压泵时发现管路有明显的水锈痕迹，说明柴油有水。在维修过程中发现断开油水分离器和柴油滤清器的积水传感器，仪表均无相应告警灯提示（这两个积水传感器电路上并联，任何一个起作用都可以将积水指示灯点亮），该部分电路有故障，这就说明用户不可能知道积水的存在，所以从来没有做过放水维护，以致高压泵内部生锈，最终造成内部机件的过早磨损及卡滞，这是该车故障的根源。

⑤ 使用维修中应注意燃油的清洁。

高压泵是柴油机高压共轨的核心部件之一，对燃油的清洁要求很高，在维修中安装油管或更换柴滤时，应保持清洁，防止灰尘进入共轨系统零部件中。拆卸高压油泵时，要将油管周围清洁干净。目前国内燃油质量还不高，这更要求尽量保证发动机整个燃油系统的清洁，这对故障的判定和维修非常重要。

425. 依维柯威尼斯之旅轻型客车发动机高速自动熄火怎么办?

故障现象：一辆2008年出厂的南京依维柯A49-13威尼斯之旅轻型客车，装备索菲姆SOFIM8140.43S3高压共轨柴油发动机，采用博世公司的EDC16电控系统。该车偶尔出现踩加速踏板发动机无反应，发动机转速自动上升到1200～1500r/min，在长时间高速行驶中会出现发动机熄火的现象，熄火后发动机并不能马上起动，需要稍等片刻才行。

故障诊断与排除：首先连接故障检测仪读取故障码，调得的故障码有：08——车辆加速踏板传感器1当前信号错误；09——车辆加速踏板传感器2当前信号错误；67——燃油共轨压力错误（过大）当前超出范围。



将故障码打印后执行清除故障码操作，然后再次进入系统，显示系统正常，无故障码。起动发动机，能顺利起动，刚开始转速稳定在800r/min左右，不一会逐渐自动上升至1500r/min；此时踩加速踏板发动机无反应，发动机故障指示灯闪烁；读取故障码，为09。进行数据流测试，加速踏板位置为0.00%，加速踏板位置传感器1的信号电压为739mV，加速踏板位置传感器2的信号电压为4990mV。正常情况下，加速踏板位置传感器2的信号电压约为加速踏板位置传感器1的1/2，如果加速踏板位置传感器1的信号电压是正常的话，此时加速踏板位置传感器2的信号电压比正常值超出了十几倍。经分析认为，可能故障原因有：

① 加速踏板位置传感器损坏。

② 相关线路存在故障。

③ 发动机电控单元损坏。

具体检修方法如下：

1）由于加速踏板位置传感器的故障率较高，所以就先更换了加速踏板位置传感器，而后试车发现故障依旧；读取数据流，也没有变化。至此可以排除加速踏板位置传感器出现故障的可能性。

2）将发动机电控单元进行了互换，但试车发现，故障依旧，而故障车的发动机电控单元在另一辆车上却工作正常，说明发动机电控单元也没有问题，最有可能出现的问题肯定是在相关线路上。

3）顺着加速踏板位置传感器线束向前找，在仪表台下找到1条与加速踏板位置传感器连接的过渡线束，该线束并没有直接通向发动机电控单元，而是通向中央控制盒。打开中央控制盒，发现这条过渡线束在此与通向发动机控制单元的连接器K（车架线束）相接。仔细检查发现，此连接器与1根黄色的导线虚接，将导线重新接好后起动发动机试车，发动机怠速转速稳定在800r/min左右，加速踏板位置传感器1的信号电压为689.5mV，加速踏板位置传感器2的信号电压为347.2mV，燃油压力为26.13MPa，燃油压力设定值为25.7MPa，而且发动机加速有力。再次连接故障检测仪读取故障码，显示系统正常。于是就将车交付给客户。

两天后，该车再次进厂维修，客户反映发动机怠速正常，但高速熄火故障仍会出现。因为发动机熄火现象都发生在车速为90km/h以上，并且连续行驶时间在30min以上，所以很难进行测试。连接故障检测仪读取故障码，为燃油压力错误（过大）当前超出范围。这种因共轨内燃油压力过大而造成发动机进入停机保护的原因主要有：

① 高压油泵及高压油泵上的共轨压力调节器损坏。

② 共轨压力传感器损坏或信号漂移。

③ 喷油器损坏。

④ 燃油回油系统回油不畅。

经仔细检查后发现，该车的高压油泵为原厂新件，数据流也在标准范围之内。共轨压力传感器如有故障，一般发动机会进入“跛行回家”程序，发动机控制单元会限制功率输出，但不会使发动机停机。检查燃油回油系统，均畅通，管路无压扁、打折现象。怀疑喷油器有问题，但又觉得在不出现故障时发动机工作平稳，加速有力，而且发动机电控单元内也没有关于喷油器的故障码。

目前无论是博世系统高压共轨柴油发动机还是德尔福系统高压共轨柴油发动机，当它们

因喷油器故障而产生难起动、游车、动力不足、冒烟等现象时，一般均读不到故障码，发动机故障指示灯也不会亮，只有通过断开喷油器连接线束或比较回油量才能判断出喷油器是否出了问题。按此分析，拆下发动机上的隔声罩，小心拆下所有喷油器的回油管（注意：SOFIM 发动机喷油器的回油管接头为非金属材质，非常容易断，因此要小心操作）。起动发动机，通过仔细观察比较 4 个喷油器的回油量，发现第 3 缸喷油器的回油量比其他 3 个要稍大一些。增加发动机转速时差别更加明显。从而判定第 3 缸的喷油器已经损坏。

将 3 缸喷油器更换后试车，故障排除。


维修小结

该车实际有两个故障：

① 加速踏板位置传感器导线虚接造成的发动机转速自动升高，踩加速踏板时发动机没有响应。

② 第 3 缸喷油器有故障，在连续高速行驶行驶时，因回油量过大而使燃油系统压力错误，发动机电控单元采用紧急停机的方式来防止故障进一步扩大。

426. 江铃顺达货车冷车起动困难怎么办?

故障现象：一辆 2008 年 3 月生产的江铃顺达 2. 8L 货车，装备 JX493 ZLQ3 发动机，采用德尔福柴油高压共轨电子控制系统。该车逐步出现发动机冷起动困难，而且越来越严重，后来到了冷机根本无法起动的程度，但只要在进气管里稍微喷一点柴油机起动液，发动机就能顺利起动。当发动机为在热机时，不喷起动液也能够正常起动。

故障诊断与排除：根据上述故障现象初步判断，该故障似乎与发动机的工作温度有关。分析认为应该检查与温度有关的传感器和冷机起动控制的一些功能，经检查，发现冷却液温度传感器、增压压力及温度传感器能根据温度的变化而改变电阻和电压信号，且信号数值符合要求，当用电位计模拟冷却液温度传感器给 ECU 发送信号时，预热塞工作也正常，很显然，故障与温度信号无关。

接着采用示波器观察信号波形，比较了冷机与热机两种状态下，发动机起动时共轨压力传感器信号、曲轴位置传感器信号、凸轮轴位置传感器信号和喷油器的控制信号波形，都没有发现异常情况，这说明共轨中的高压柴油供应正常，ECU 对喷油器的控制也正常。怀疑是机械部分磨损严重，造成气缸压力不足。

于是从增压压力传感器的安装口往进气总管里加入 10mL 左右机油后起动发动机，发动机果断顺利起动了，但车主反映该车一直都是定期维护的，除了冷起动困难，其他工况都很好，如果发动机机械部分磨损严重，那么其动力性能应该会下降，而且发动机也会烧机油，但这些现象现在都没有。为了验证是不是气缸磨损严重，气缸压力表测量各缸的气缸压力，也均正常，说明故障肯定不是机械部分磨损严重所致。最后检查喷油器。采用了较为简单的办法来检查喷油器的性能，将喷油器引到气缸外喷射，起动时观察喷油器的喷油雾化效果，结果发现喷油雾化效果严重不良，而且各喷油器的喷射量也很不均匀，个别堵塞严重。

更换喷油器后试车，故障排除。





维修小结

由于喷油器的喷油量减少且雾化不良，造成可燃混合气的质量较差，延长了起动延迟期，致使发动机无法着机，加入机油后，就相当于增大了发动机的压缩比，压缩行程终了时，燃烧室里的压力增加了，温度增高了，单位体积里柴油分子的浓度增加了，部分弥补了因雾化不良造成的影响，使发动机能够起动，给人造成了一种错觉，以为是气缸壁磨损造成的故障。

427. 北汽欧曼载货汽车停车一周后，再次起动发动机能转但不着车怎么办？

故障现象：一辆北汽欧曼载货汽车，车型为 BJ3313DMPKJ-S，装载潍柴博世共轨 WP12. 336N 型发动机。该车停车一周后，再次起动发动机能转动但不着车。

故障诊断与排除：进行试车，故障确实如此。确定思路为蓄电池——点火开关——ECU——空档开关——起动继电器——起动机可能有问题。然后先外接蓄电池 24V 直接与起动机连接，成功着车，撤掉外接蓄电池后发动机工作正常，但熄火后再次起动，故障依旧。逐件检查，发现蓄电池接线柱锈蚀，电解液酸的含量过低，看仪表起动电压不足 19V。

起动时由于蓄电池接线柱锈蚀，电压和电流低于标准值，使曲轴转速太低，发动机 ECU 采集不到曲轴转速和判缸信号，无法正确喷油，所以不着车。将蓄电池拆下充电维修后回装，试机正常。故障排除。



维修小结

该车故障原因是蓄电池接线柱表面锈蚀，电解液酸含量低，因而导致故障产生。

428. 欧曼 BJ3318DMPKC-3 自卸车起动和怠速均正常，但是不能急加速，偶尔会熄火，无故障码，怎么办？

故障现象：一辆欧曼 BJ3318DMPKC-3 自卸车，装备潍柴国Ⅲ WP10. 336N 型发动机。该车起动和怠速均正常，但是不能急加速，偶尔会熄火，无故障码。

故障诊断与排除：首先读取故障码，因无故障码没检查电控件。目标锁定高低压油路供油不足。从油箱到高压油泵和喷油器查无泄漏和堵塞，一切正常。当在车下起动时，发现熄火按钮线束表皮磨破露铜线，包扎后，测试起动和熄火两个按钮均正常。回到驾驶室再次起动和加速发动机，故障排除。



维修小结

由于怠速发动机振动小，加速后，驾驶室轻微振动，导致车下熄火按钮的 2 根线束因磨破而短路。传给 ECU 误认是熄火信号就停止喷油，所以不能急加速。

429. 欧曼牵引车发动机排气管冒黑烟，加速有“突突”声，故障灯不亮怎么办？

故障现象：一辆欧曼牵引车，装载潍柴国Ⅲ发动机 WP10. 336N，发动机排气管冒黑烟，加速时有“突突”回火声，故障灯不亮。

故障诊断与排除：连接诊断仪测试。通过断缸法操作，看到断开第 6 缸喷油时，黑烟立即消失，故障锁定在第 6 缸喷油器，发现针阀卡在常开的位置，有滴油现象，更换相同的喷油器后，故障排除。



维修小结

由于第 6 缸喷油器喷油不受 ECU 控制，蓄在该缸的柴油太多未燃尽，所以冒黑烟。

430. 捷达先锋柴油车行驶中加速无力怎么办?

故障现象：一辆 2007 年 8 月出厂的捷达 GDF 先锋柴油车，装备 AQM 发动机。该车行驶中发生加速无力故障，长时间行驶还有水温偏高现象。

故障诊断与排除：连接解码器，读取故障码。显示的故障信息为：喷油正时阀 N108 始点信号调整控制差异。此故障码的出现说明发动机供油正时的调整没有达到预期效果，这符合故障车的特征，因为供油时刻的偏差会导致发动机动力下降和冷却液温度偏高。正常冷却液温度条件下，让发动机怠速运转，读取 004 组数据流，显示喷油始点实际值 4°ATDC，略高于标准值。AQM 发动机怠速运转时，喷油始点正常范围为 0°～3°ATDC。

该车 AQM 发动机采用 SDI 电控转子泵直喷系统，属于位置控制式电控柴油机。SDI 电控转子泵的结构原理是：燃油进入转子泵后，先由转子泵加压，然后送入泵腔，之后再由单柱塞泵加压，实现为各缸喷油器供油。供油时刻的控制是由喷油正时阀 N108 完成的，控制方式为闭环控制。反馈信号来自于针阀升程传感器 G80。

供油正时的调整失灵，常见原因通常有：

① 喷油正时阀 N108 及相关电路故障。

② 针阀升程传感器 G80 及相关电路故障。

③ 供油不畅。

喷油正时阀 N108 的 2 个端子中，端子 10 为 12V 电源，端子 9 为控制端，接受 ECU 的占空比控制信号。端子 9 高电位时，喷油正时阀 N108 线圈无电流流过，电磁阀阀芯在弹簧作用下复位，关闭正时活塞弹簧室供油通道，弹簧室油液经节流孔被吸入转子泵进油腔，弹簧室油压下降；端子 9 低电位时，喷油正时阀 N108 线圈有电流流过，电磁阀阀芯在电磁力作用下克服弹簧力上移，打通正时活塞弹簧室供油通道，弹簧室油压上升。当控制信号占空比一定时，弹簧室油压保持一定值不变。

正时活塞右侧受到转子泵输出油压作用，左侧为喷油正时阀 N108 调节油压（即弹簧室油压）和弹簧力共同作用。当弹簧室油压降低时，正时活塞将压缩弹簧左移，直到弹簧力增长至正时活塞左右受力相等时为止；当弹簧室油压升高时，正时活塞左侧作用力（弹簧力与喷油正时阀 N108 调节油压之和）会大于右侧转子泵输出油压，正时活塞将右移，直到弹簧力降至正时活塞左右受力相等时为止。通过以上分析认为，喷油正时阀 N108 和针阀升程传感器 G80 是首先要进行检查的。

1）断开喷油泵连接器，检测端子 9 和端子 10 电阻值，测得喷油正时阀 N108 电阻值为 15.2Ω，在正常范围之内（正常值 14～17Ω）。断开针阀升程传感器 G80 的连接器，测得 G80 电阻值为 87.8Ω（正常值为 80～120Ω），也在正常范围内。分别检测喷油正时阀 N108



和针阀升程传感器 G80 至发动机 ECU 电路，未发现异常。在发动机怠速运转条件下，检测喷油正时阀 N108 控制端子 9 波形，测得波形为矩形方波（即占空比信号），波形标准；使发动机加速，观测波形变化情况，信号占空比能够随转速同步变化，这说明 ECU 控制指令正常。

2）在加速情况下，重新读取 004 组数据，发现喷油始点实际值被定格在 5°ATDC 并保持不变（不随发动机转速变化而变化）。通过以上检查，可以确认喷油泵正时活塞并未带动滚轮架转动，实现供油时刻的调节。决定拆下喷油泵进行检查。

3）将油泵分解后，发现正时活塞卡在了最大延迟位置。拆下正时活塞，发现活塞表面明显损伤，与活塞相配的泵体圆柱孔磨损严重。

更换新的喷油泵后试车，故障排除。



维修小结

由于高速时不能对喷油提前角进行有效调节，从而导致高速时喷油过迟（正常情况下，发动机高速时喷油始点最大值可达 10°ATDC），使发动机加速无力、温度偏高。

431. 现代特拉卡 CRDI2. 9L 越野车发动机故障指示灯点亮，同时出现怠速抖动、急加速冒黑烟、高速行驶无力怎么办？

故障现象：一辆 2006 款现代特拉卡 CRKI 2. 9L 越野车，装备采用 DELPHI 发动机管理系统的柴油共轨喷射发动机。该车发动机故障指示灯点亮，同时出现怠速抖动、急加速冒黑烟、高速行驶无力的故障现象。

故障诊断与排除：首先利用 HI-SCAN 故障诊断仪进入 ECM 读取故障码，显示故障码为“P0101——空气流量计信号值出界或失效”。更换空气流量计后试车，故障症状有所好转，但怠速抖动和高速行驶无力的现象依然存在。

柴油发动机怠速抖动一般是由于喷油量喷油雾化不良或气缸密封性差引起的。利用 HI-SCAN 故障诊断仪进入 ECM 执行起动测试功能，诊断仪显示各气缸的压力均在标准值范围内，说明气缸密封性没有问题。将 4 个高压共轨喷油器的回油管分别引导到 4 个量杯中，起动发动机，同时观察各缸喷油器的回油量，发现一、三缸喷油器的回油量低于其他两个气缸，说明这两个缸的喷油器喷油不良。

更换一、三缸喷油器，并将新喷油器上的 C2I 码输入 ECM（因为 ECM 中记忆的是旧喷油器的 C2I 码，若不重新输入 C2I 码，将可能导致发动机功率下降、运转不稳等现象）后试车，故障排除。



维修小结

高压共轨电控柴油喷射（CRDI）发动机的检测维修方法与普通汽油电喷发动机有许多不同：

1）高压共轨喷油器的电路只能用数字示波器（DSO）进行检测，一般工作电流最大可达 80A 左右，不可用试灯或万用表进行测试。

2）检测各喷油器的回油量是否一致来判断喷油器好坏。

3）高压共轨柴油喷射系统均采用高精密耦合件，对柴油质量要求非常高，因此在故障诊断中柴油油质也是一个重要的影响因素。

432. 重汽产豪泺牌牵引车在每次起动运转的过程中，发动机突然熄火，熄火后再次起动，起动机运转正常，但发动机无法着车怎么办?

故障现象：一辆重汽产豪泺牌牵引车，车型为 ZZ4257V3247N1B，装配杭州发动机厂的 D12. 42-30 型 309kW 高压共轨国Ⅲ排放柴油发动机。该车在每起动运转的过程中，发动机突然熄火，熄火后再次起动，起动机运转正常，但发动机无法着车。

故障诊断与排除：首先验证故障现象，发现起动发动机时起动机运转有力，但发动机不能着车。连接故障检测仪读取故障码，调得故障码的含义是共轨压力值偏差，喷油器短路。根据维修经验及故障码的提示，初步判断为燃油系统有问题。

首先检查柴油粗滤器，发现其内很脏，而且还有很多水分，于是怀疑燃油箱内的柴油中可能有水。拧开燃油箱放油螺栓，结果从燃油箱内放出大约 5kg 的水，估计该车曾加注过劣质柴油。于是将燃油箱内柴油全部放出后，更换柴油粗滤器和精滤器，并重新添加柴油，对燃油系统排除空气后起动发动机，发现故障依旧。怀疑柴油不能进缸，逐一松开各缸喷油器的回油管接头，在起动发动机时感觉回油量比正常状况要少，特别是当松开第 4 缸喷油器回油管时，发现回油中有很多泡沫，于是拆检第 4 缸喷油器，发现喷油器电磁阀卡死在打开位置，而无法关闭。拆检其他各缸喷油器，没有发现问题。经过分析认为，该车发生熄火后无法起动的原因就是因为添加了劣质柴油，导致第 4 缸喷油器电磁阀卡死在常开状态而泄压，使得共轨内无法建立起足够的油压，进一步使得各缸喷油器的喷油压力不足。

更换第 4 缸喷油器，并按照技术要求将新喷油器的代码输入至发动机 ECU 后试车，故障排除。

433. 开迪车 SDI 柴油发动机怠速运转时振动大，急加速时冒白烟怎么办?

故障现象：一辆开迪车装备 SDI 柴油发动机，型号为 BDJ，采用泵喷嘴系统。该车发动机怠速运转时振动大，急加速时排气管冒出大量的白烟，并有很重的柴油味。

故障诊断与排除：根据柴油发动机的燃烧过程（如图 8-11 所示）分析，柴油车冒白烟的情况有以下两种：

1）冷机时有少量白烟排出是正常的，因不能完全蒸发燃烧的柴油以液态微粒排出后，冷凝成为白烟（带蓝烟），热机后成为灰烟。

2）在缓燃期终点之后，未燃烧的柴油以混合气形式排出时，会冒白烟。

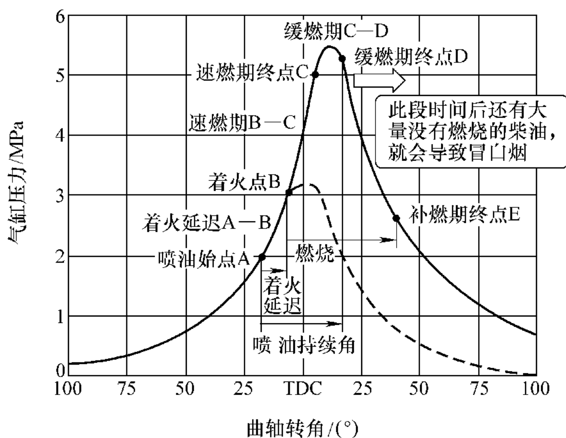


图 8-11　柴油发动机燃烧过程

凡是影响柴油机正常燃烧的因素都有可能造成排气冒白烟，结合开迪车 SDI 柴油发动机的结构原理进行分析，导致冒白烟的可能故障原因见表 8-3。

检修方法如下：

1）此车半年前曾大修过发动机，基本上可以排除发动机机械方面存在故障的可能。



2）与相关维修技术人员进行确认，泵喷嘴的安装位置和间隙调整正确无误。

3）读取发动机控制系统的相关动态数据，发现除显示组 013 – 怠速稳定控制数据外，其余各组数据均基本正常。因此故障检测的重点是应检查导致第 13 组数据异常的原因。

表 8-3　开迪车 SDI 柴油发动机冒白烟的故障原因

故障所在系统	可能故障原因
低压油路故障	1）低压油路中有空气 2）低压燃油泵磨损导致供油压力不足 3）柴油品质差或柴油中有水
泵喷嘴故障	1）泵喷嘴磨损 2）泵喷嘴安装位置不正确或间隙调整不当 3）泵喷嘴的凸轮磨损
电气系统故障	1）曲轴位置传感器或凸轮轴位置传感器及信号轮有故障 2）发动机冷却液温度信号不正确
机械系统故障	1）机油液面过高导致发动机过热 2）气缸压力不足 3）配气相位错误 4）发动机冷却系统温度过低
进气系统故障	1）空气滤清器严重堵塞 2）废气再循环（EGR）阀常开 3）进气系统翻板常关

发动机怠速运转工况下，显示组 013（发动机处于热态，冷却液温度不低于 80℃）各区数据的含义及相关说明如图 8-12 所示。

读取显示组 013 的数据（如图 8-13 所示），发现第 2 缸喷油量修正超极限，说明第 2 缸泵喷嘴失效。新购一只泵喷嘴安装在第 2 缸，再次读取显示组 013 的数据（如图 8-15 所示），第 2 缸喷油量正常了，但显示第 1 缸失效（如图 8-14 所示），急加速时排气管仍冒白烟。再新购一只泵喷嘴安装在第 1 缸，再次读取显示组 013 的数据（如图 8-15 所示），第 1 缸喷油量和第 2 缸喷油量显示正常，但显示第 4 缸喷油量失效（如图 8-15 所示），急加速仍冒白烟。

显示组 013-怠速稳定控制

Read measured value block 13

×.××mg/H×.××mg/H×.××mg/H×.××mg/H

1　2　3　4

<显示屏显示

<显示区	规定值	分析
4 怠速稳定控制 4 缸喷油量	−2.8…+2.8mg/H	+……mg/H：相应气缸功率不足，增加供油量
3 怠速稳定控制 3 缸喷油量	−2.8…+2.8mg/H	
2 怠速稳定控制 2 缸喷油量	−2.8…+2.8mg/H	−……mg/H：相应气缸功率较高，减少供油量
1 怠速稳定控制 1 缸喷油量	−2.8…+2.8mg/H	

图 8-12　显示组 013 各区数据的含义及相关说明

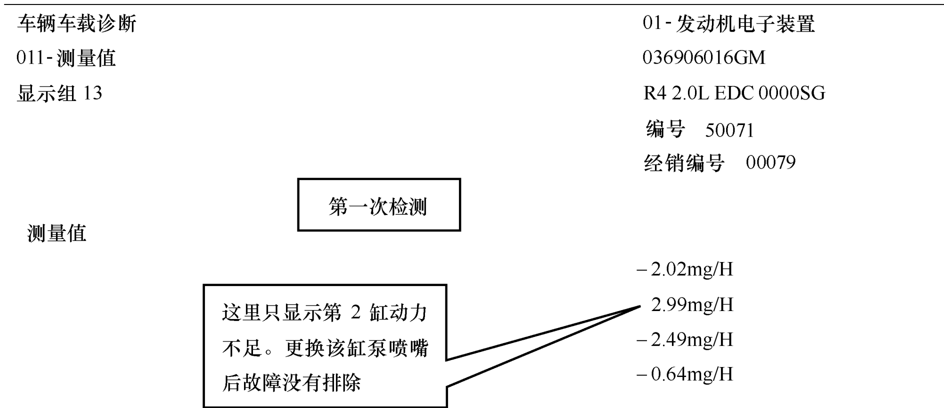


图 8-13　数据流显示第 2 缸动力不足（截屏）

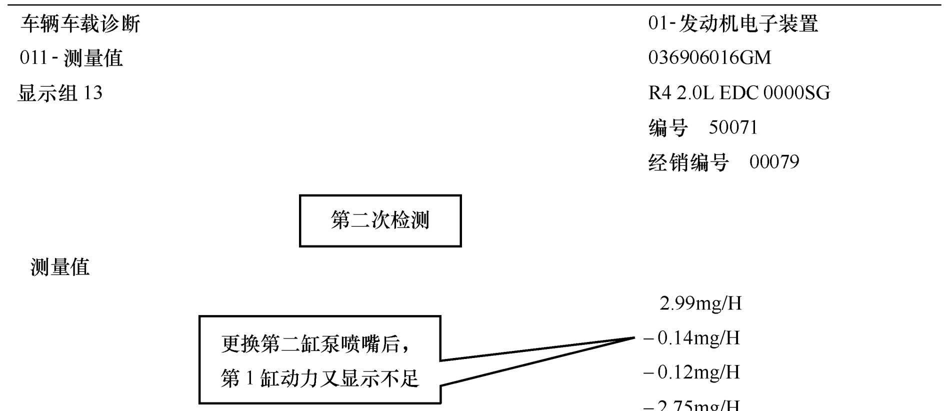


图 8-14　数据流显示第 1 缸动力不足（截屏）

对泵喷进行对换试验。将第 1 缸和第 4 缸的泵喷嘴进行对换，显示喷油量刚好对换，这说明故障就在泵喷嘴。将泵喷嘴拿到专业的维修站进行检测，发现旧的 4 个泵喷嘴基本上失效。

更换 4 只泵喷嘴（特别提醒：在安装泵喷嘴的时候，必须严格按照维修手册进行，否则不但故障无法解决，甚至有可能损坏泵喷嘴）后试车，故障排除。



维修小结

仔细分析泵喷嘴损坏的原因，基本上都是由于泵喷嘴的喷头被烧蚀，从而导致泵喷嘴的喷射压力偏低，喷油雾化不良，从而导致柴油燃烧不充分而造成排气冒白烟故障。



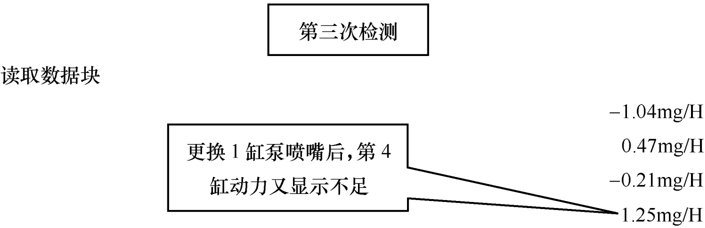


图8-15 数据流显示第4缸动力不足（截屏）

434. SC6721客车运行中出现故障灯闪烁、踩加速踏板发动机没有响应、转速固定在1100r/min，紧接着发动机突然熄火后无法再次起动，怎么办？

故障现象：一辆型号为SC6721的客车，装配玉柴YC4FA130－30型博世高压共轨电控柴油发动机。该车运行中出现故障灯闪烁、踩加速踏板发动机没有响应、转速固定在1100r/min，紧接着发动机突然熄火后无法再次起动。

故障诊断与排除：

接车后，起动发动机，将钥匙开关打至ON档，发动机指示灯点亮2s后变为闪烁状态，说明电控单元检测到严重故障。然后将钥匙开关打到STAR起动档，起动机拖转有力，但发动机无着车迹象。

连接诊断仪，读取故障码为：P0123——加速踏板第1路信号故障－超高限；P0222——加速踏板第2路信号故障－超低限。根据故障码指示，为电子加速踏板故障。

根据经验，博世共轨系统在没有电子加速踏板的状态下也可以起动发动机，于是将电子加速踏板插接件拔开，试着起动发动机，结果一次性起动成功，但发动机故障灯闪烁，且发动机转速固定在1100r/min。插上电子加速踏板线束，发动机立刻熄火。

玉柴YC4FA130-30发动机装配博世EDC16电控高压共轨系统，该系统使用有两路信号输出的电子加速踏板，加速踏板1信号与加速踏板2信号输出电压成2:1的比例关系，发动机怠速状态下，加速踏板1信号电压约为0.75V，加速踏板2信号电压约为0.35V，如图8-16所示。

加速踏板接线如图8-17所示。首先，用万用表测量加速踏板1路电源线K22电压为5V，测量加速踏板2路电源线K46电压为5V，属正常值。但是测量加速踏板1路信号线K09、搭铁线K30，加速踏板2路信号线K31、搭铁线K08的电压为均24V。显然，有整车电源电压误接入加速踏板的线束。

加速踏板线束直接进入到电控单元，中间不设置插接件，考虑到该车电控单元EDC的安装位置和加速踏板位置很近，线束很短，于是直接将线束的保护层破开，查找加速踏板线束的破损点。但检查发现加速踏板6根线路全部完好，并没有破损的地方，所以也就不可能

通过线束窜入 24V 电压，那么加速踏板线束里的 24V 电压是从哪里进入的呢？

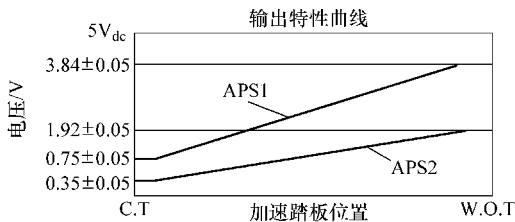


图 8-16　加速踏板输出特性



图 8-17　加速踏板接线示意图

剩下的只有电控单元 EDC 没有检查。EDC 本身出现故障的概率很小，除非是有较高的电压流经 EDC，如焊接时未将 EDC 的插接件断开。于是拆卸 EDC，准备和未出现故障的车进行换件试验。

将 EDC 拆卸下来后，观察插接件内的针脚有无烧蚀的痕迹，意外地发现插接件内竟然有很多块铁屑。铁屑卡在针脚之间，将 K07（EDC24V 电源输出）、K08、K09、K29（EDC24V 电源输出）、K30、K31 等针脚短接在一起。EDC 针脚位置如图 8-18 所示。

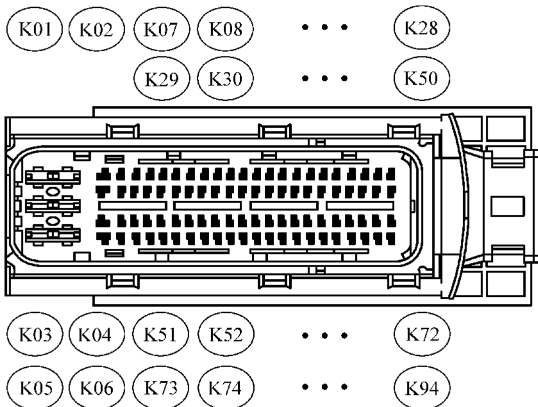


图 8-18　EDC 针脚位置示意图

电子加速踏板损坏的原因是车辆装配时飞入 EDC 内部的铁屑，导致 24V 电压通过 EDC 插接件针脚窜入加速踏板线路，将加速踏板传感器烧毁。

同时，由于在 EDC 内部加速踏板 1 路电源与共轨压力传感器电源是同一供电模块供给，加速踏板 1 路电压异常，导致共轨压力传感器的供电电压也出现异常，共轨压力传感器输出超高的共轨压力信号，EDC 检测到轨压异常后为保护发动机做停机处理。

清理 EDC 内铁屑，将线路恢复至原车状态，装上新的电子加速踏板后试车，故障排除。



维修小结

该车故障的原图是车辆装配时，钻孔时的铁屑飞入 EDC 插接件内造成的。根据转速固定在 1100r/min 这一典型的故障现象，初步判断为电子加速踏板损坏。而单纯的电子加速踏板损坏不至于导致发动机熄火，而且电子加速踏板在电控系统中属于故障率最低的部件。

435. 潍柴 WP6. 240 型增压中冷型柴油发动机起动困难，且起动时伴有“当当”敲击声，怎么办？

故障现象：一辆装备潍柴 WP6. 240 型增压中冷型柴油发动机的车辆，采用博世电控共轨系统。该车一般要起动 3 次才能起动，且起动时伴有很明显的“当当”敲击声音，但发



动机一旦起动后，在运行过程中没有感觉到任何异常。

故障诊断与排除：首先用闪码的方法读取故障码，调得的故障码有：334——油中有水报警灯错误；113——凸轮轴/曲轴位置传感器错误；134——共轨卸压阀有问题；135——流量计量单元错误；225——加速踏板与制动可信检测错误。

根据读取的故障码提示，检查各部件后没有发现异常，执行故障码清除操作，发现只有故障码113清除不掉，所以怀疑其他故障码所指的故障为历史故障。

连接故障检测仪并起动发动机做“起动故障信息”测试，故障信息显示“转速同步错误”。分别检查曲轴位置传感器和凸轮轴位置传感器及其线路，均正常。怀疑机械安装不当，造成了喷油正时不正确，于是拆掉齿轮室上的高压油泵齿轮盖板，检查高压油泵齿轮齿数及标记，均正确。但同时发现在1缸压缩行程上止点时，高压油泵齿轮键槽应该水平偏下，实际位置与安装要求略有偏差。

按照规定的标识重新调整高压油泵齿轮后试车，故障排除。

436. 潍柴WP6.240发动机起动时起动机不动作，怎么办？

故障现象：一辆装备潍柴WP6.240发动机的车辆，起动发动机时起动机不动作。

故障诊断与排除：根据上述故障现象，怀疑该车相关线束连接器有故障，导致ECU无电压输入，或者起动继电器有故障。用万用表测量发动机ECU上的4个电源端子（即端子1.08、1.09、1.02、1.03），均无电源电压，检查相关电路，发现控制ECU电压输入的30A熔丝熔断。

更换ECU熔丝后试车，发动机顺利起动着机。

437. 起亚PREGIO 3.0汽车起动时起动机运转正常，但是发动机无法着车，怎么办？

故障现象：一辆起亚PREGIO 3.0汽车，起动时起动机运转正常，但是发动机无法着车。

故障诊断与排除：该车采用共轨喷射柴油机。由于对共轨喷射柴油机没有系统的了解，又苦于没有维修资料（不能确定该车的高、低压油路的油压值），于是，针对该车发动机不能起动着车的故障现象，首先检查喷油器的导线连接器上是否有发动机电控单元控制的喷油信号。由于当时不能确定发动机电控单元是控制电源线还是控制搭铁线的，所以用发光二极管测试灯对搭铁和对电源线均进行检查，但都没有电控单元发出的喷油脉冲信号。

接着检查喷油器的供电电源，在接通点火开关时，有2.9V的电压（未能确定该电压值是否正常）。因为拿捏不准，干脆先确定导线的通断并同时确定导线的电阻，经过测量，电源线和搭铁线都是通往发动机电控单元的，并且导线的电阻都正常。到此时为止，首先把怀疑的故障点定位于发动机电控单元。

既然怀疑发动机电控单元有问题，其前提是必须确定发动机电控单元的电源是否正常。由于还是没有维修资料的缘故，不能确定发动机电控单元电源是否正常，根据以往维修电控汽油车的经验，没有喷油信号，除了发动机电控单元有问题外，最有可能的是曲轴位置传感器方面出现故障。在起动该车发动机时，仪表总成上的转速表约有200r/min的转速，基本可以确定曲轴位置传感器本身、曲轴位置传感器与发动机电控单元的连接线路及曲轴位置传感器的信号轮均正常。为了进一步确认，拔下曲轴位置传感器的导线连接器，测量曲轴位置传感器的电源电压（5V）、搭铁线，均正常，导线与发动机电控单元的连接也均正常。由于没有示波器，根据在起动时转速表的显示和导线的测量，基本确定曲轴位置传感器、与发动机电控单元的连接线路都是正常的。采用同样的方法确认凸轮轴位置传感器及其与发动机电

控单元的连接线路都是正常的。

到目前为止，该车起动时没有喷油信号的故障点可以缩小到发动机电控单元的电源供给、燃油供给系统的高低油压（修理厂没有相关量程的油压表，也没有相关的维修资料和数据），因为如果高压部分油压不够，系统会切断喷油器的喷油信号，致使发动机无法起动。由于无法测量油压，只能借助共轨上的共轨压力传感器的信号电压值来确定和估计共轨内的燃油压力。

首先，确定共轨压力传感器与发动机电控单元的连接状况，测量表明共轨压力传感器上的电源、搭铁和信号线均正常。恢复共轨压力传感器的导线连接后，在共轨压力传感器的信号线上测量电压，在点火开关接通的情况下，其电压为0.5V，在起动发动机时，其电压值是0.5V，这说明共轨中的燃油压力没有上升的趋势。此时，又把怀疑的故障范围缩小到燃油的低压油路和高压油路部分。

拆卸柴油滤清器回油口的接口，用手动输油泵泵油，有燃油输出，说明低压油路畅通。检查低压油路燃油切断阀的工作状况，该阀的控制线路在点火开关接通时形成回路，在起动发动机时没有形成回路，说明阀体的控制线路正常。拆卸低压油路燃油切断阀，做动态试验，在没有施加蓄电池电压时，该阀呈不通状态，在施加蓄电池电压时，该阀呈导通状态。至此，说明低压油路燃油切断阀的线路和阀体均正常。

维修工作至此，又把故障范围缩小到燃油供给系统的高压部分。因为如果共轨压力传感器的信号电压在发动机静态和起动时没有任何变化，而低压油路供油正常（采用4片式刮片泵），就足以说明由于高压压力的异常，发动机电控单元因收到的压力信号太低而切断了燃油喷射，这就是起动时在喷油器控制线路上没有喷油信号的原因所在。

于是拆卸高低压组合油泵，在拆卸正时带后，旋转高低压组合油泵的驱动带轮时，发现能够实现毫无阻滞的旋转，没有任何疑问，问题就在高低压组合油泵上。对高低压组合油泵进行分解，仔细检查发现，高低压组合油泵中高压油泵驱动柱塞和高压油泵驱动座磨损严重，致使无法驱动高压柱塞泵建立燃油高压，导致高压油路部分油压不足，发动机电控单元根据共轨压力传感器反馈的燃油压力信号中断了喷油器的喷油信号，致使发动机无法起动。

更换高低压组合油泵后试车，故障排除。

438. 奥迪 A6LTDI 柴油车行驶中故障灯闪烁，动力不足，加不上油，熄火后无法起动，怎么办?

故障现象：2010 款奥迪 A6L 2.7 TDI，行驶中故障灯闪烁，动力不足，加不上油，熄火后无法起动。读取故障码，共轨压力过低（偶发），计量阀故障（偶发），更换高压泵后故障排除。几天后出现：行驶中故障灯闪烁，动力下降，但熄火后可以起动。故障码共轨压力过低（偶发）。故障码时环境：高压为51300kPa、车速为40km/h、发动机转速为1120r/min。

故障诊断与排除：根据上述故障现象，检修方法如下：

1）将辅助油泵插头拔下，无怠速，松加速踏板后熄火。该发动机低压油路有两个电动油泵，一个在油箱内，一个在拆下右侧下护板后可看到。考虑到故障后车辆行驶到维修站，油箱内的油泵一定会工作（同时执行器测试也听到油泵工作声音）。

2）出现故障码时高压压力为51300kPa，感觉对应40km/h 的车速并不小，以为发动机控制单元程序混乱，断开蓄电池后试车，故障没有消失。

3）更换高压压力传感器 G247（油轨左侧的三线插头），故障没有消失。更换理由是：



怀疑 G247 故障，发动机控制单元进入故障模式。

4）更换调压阀 N276（油轨右侧的二线插头），故障排除。



维修小结

发动机控制单元以占空比的方式控制高压泵上的计量阀 N290 和共轨上的调压阀 N276 来决定共轨中的高压压力。高压泵上的计量阀 N290 决定进入共轨的供油量多少，占空比范围为 33% ~62%，占空比越大，供油量越低，共轨中油压也就可能越低，当拔下 N290 的插头，高压油泵以最大供油量工作，发动机不熄火，也不影响发动机起动。共轨上的调压阀 N276 决定共轨的泄油量，占空比范围为 13% ~37%，占空比越大，泄油量越低，共轨中油压也就可能越高，当拔下 N276 的插头，泄油量最大，共轨压力接近为 0，发动机熄火，也无法起动。高压共轨内油压的高低，直接取决于两个因素：高压泵控制的供油量和调压阀的泄油量。

439. 奥迪 A6L 柴油车发动机无法起动怎么办？

故障现象：一辆奥迪 A6L 2.7T 柴油车，热机将发动机熄火后重新起动，出现发动机无法起动的故障，而且组合仪表上的发动机故障灯亮起。

故障诊断与排除：首先使用 VAS5052 检测仪检测，发动机控制单元（J623）中存在故障码 P0087 和 P0088，其含义分别为蓄压管压力低于调节极限和蓄压管压力超出调节极限。

根据故障码的提示，首先检查柴油滤清器滤芯，发现滤芯中没有金属磨屑，接着拆卸燃油计量阀（N290）发现周边有金属磨屑，且高压泵内也有很多金属磨屑。因此怀疑柴油品质不良，于是抽取部分柴油搁置一段时间后出现分层，柴油呈现在上层。

经过以上各步检查，怀疑整个油路可能也会受到金属磨屑的影响，所以首先必须清洗燃油管路，排出车上的劣质柴油，并用无绒毛的抹布擦净油箱底板，同时更换低压系统的部件和高压系统的部件。而后添加符合要求的柴油后对该车进行路试，该车的仪表又出现了预热指示灯点亮的现象，而且加速无力。使用 VAS5052 检测发动机系统，发动机控制单元（J623）中储存有故障码 P0087——蓄压管压力低于调节极限。

怀疑燃油回流管路中的压力保持阀可能存在泄压，用 VAS6330 测量回油系统压力，只有 430kPa（正常应为 1000kPa 左右），试着更换压力保持阀油后，回油系统压力恢复到正常范围。继续分析认为，由于该车添加的柴油质量较差，水分含量较高，因此发动机工作时高压泵会磨损，从而导致金属屑散布在整个燃油系统中，使得压力保持阀内部存在泄漏，回油量增加。

故障排除：对于高压部分，更换了高压泵、带高压管路的喷油器、带压力保持阀的回油管；对于低压部分，更换了燃油供给单元、燃油滤清器，同时排清油箱内的柴油，清洁油箱和管路。而后试车发现，故障排除。

440. 玉柴 4G180 国Ⅲ发动机转速受限（低于 1700r/min），故障指示灯常亮怎么办？

故障现象：一台玉柴 4G180 国Ⅲ发动机，采用 BOSCH 共轨系统，出现发动机转速受限（低于 1700r/min），故障指示灯常亮的现象。

故障诊断与排除：连接故障检测仪，接通点火开关，读取的故障码见表 8-4；起动发动机，读取怠速工况下发动机数据流，观察发动机数据流，可知在怠速工况下，实际轨压一直

保持在166MPa，与设定轨压相差很大。由此怀疑轨压传感器系统有故障。

表8-4　故障码

故障序号	故障码	状态	故障码含义
1	P100E	故障确认	轨压泄压阀打开
2	P2159	无效信号；故障确认	车速信号故障－不合理
3	P0193	超高限；历史故障	轨压信号超高限

在接通点火开关，不起动发动机的情况下，首先脱开轨压传感器的导线连接器，用万用表分别测量导线连接器上3根导线对搭铁的电压，电源线为5V，信号线为5V，搭铁线为0V，这说明轨压传感器的线路正常；然后装复导线连接器，再用万用表分别测量3根导线对搭铁的电压，电源线仍为5V，信号线变为0.1V（此时正常值应为0.5V～0.55V），搭铁线仍为0V，这说明轨压传感器损坏。

由于轨压传感器是集成在共轨管上，更换共轨管总成后试车，故障排除。

441. 玉柴6G230国Ⅲ发动机急加速时出现动力不足，故障指示灯闪烁怎么办?

故障现象：一台玉柴6G230国Ⅲ发动机，采用博世共轨系统，在急加速时出现动力不足，故障指示灯闪烁的故障。

故障诊断与排除：连接故障检测仪，接通点火开关，读取的故障码见表8-5，起动发动机，急踩加速踏板，采集故障再现时发动机的数据流，故障发生时实际轨压与设定轨压偏差较大。由于历史故障码包括P1014和P100E，怀疑故障发生在油路的高压部分。在拆下各缸的喷油器时，发现其中一缸的喷油器滴油严重。

表8-5　故障码

故障序号	故障码	状态	故障码含义
1	P2159	无效信号；故障确认	车速信号故障－不合理
2	P2269	超高限；历史故障	油水分离信号报警
3	P1014	超高限；历史故障	轨压闭环控制模式故障7－overun模式供油量过大
4	P100E	超高限；历史故障	轨压泄压阀打开

更换喷油器后试车，故障排除。

442. 锡柴6DL2国Ⅲ发动机，在更换曲轴后油封后，只要一急加速，发动机就马上熄火，怎么办?

故障现象：一台锡柴6DL2国Ⅲ发动机，采用博世共轨系统，在更换曲轴后油封后，只要一急加速，发动机就马上熄火。

故障诊断与排除：连接故障检测仪，接通点火开关，读取的故障码见表8-6。分析故障码，由于故障码包括P0008和P0336，推断曲轴位置传感器系统有故障。起动发动机，采集怠速工况下发动机的数据流。从数据流发动机同步状态为129，而正常的同步状态应为48，由此确认故障发生在曲轴位置传感器系统。在拆下飞轮时，发现飞轮上的一个曲轴信号孔已变形。

更换飞轮后试车，故障排除。



表 8-6 故障码

故障序号	故障码	状态	故障名称
1	P100E	超高限；历史故障	轨压泄压阀打开
2	P2159	无效信号；故障确认	车速信号故障 - 不合理
3	P0008	超高限；历史故障	仅靠凸轮信号运行
4	P1614	超高限；历史故障	OVERRUN 故障 - 转速
5	P0336	超低限；历史故障	曲轴信号错误

四、其他故障检修

443. 金龙 XMQ6800 型客车发动机加速无力怎么办？

故障现象：一辆厦门 XMQ6800 型金龙客车，配备玉柴 YC4G200-30 型国Ⅲ高压共轨柴油发动机（采用德国博世控制系统）。该车发动机加速无力。

故障诊断与排除：接车后进行试车，接通点火开关，发动机故障灯正常熄灭，按下闪码开关，发动机故障灯不亮，即无故障码存储。起动发动机，能顺利起动，且怠速平稳，踩下加速踏板，发动机转速上升稍慢，但空加油能达到最高转速。打开发动机室盖，发现该车所用的油水分离器与柴油滤清器非玉柴原厂件，考虑油路故障引发的此类故障很多，遂更换了油水分离器与柴油滤清器，并将燃油管路用压缩空气仔细吹了一遍。对该车进行路试，发现该车提速较慢，加速时无玉柴发动机特有的清脆声，在最高档位且加速踏板踩到底时，最高车速仅能达到 90km/h。拆下仪表台中间的护板，找到 3 端子式发动机诊断接口，连接玉柴专用诊断仪进入发动机系统，确实无故障码储存，读取数据流，燃油压力、加速踏板等数据均正常，查看增压压力时，发现大气压力为 101.3kPa，而增压压力仅为 95.4kPa，踩下加速踏板加速到 2000r/min 时增压压力仅上升到 99.8kPa，明显低于正常值。遂认为进气温度与进气歧管绝对压力传感器损坏。但换上新传感器后，再读取数据流，数值依旧，增压压力还是很低。经分析认为，造成增压压力低的主要原因有：

① 空气滤清器堵塞。

② 增压器损坏。

③ 增压管路堵塞或脱落。

④ 排气不畅通。

于是检查增压管路，均密封良好，无堵塞、脱落现象，排气制动也没有开启；检查空气滤清器，很干净；拆下增压器进气管，用手拨动增压器叶轮，转动灵活，无松旷和卡滞的现象；拆下增压器出气管，发现管壁上有少量油污，起动发动机并大幅踩下加速踏板，感到增压器出气口出气量偏小，用手很轻松地就能堵住，说明增压器存在故障。

接着仔细检查增压器，发现增压器放气阀（该阀主要作用是保护增压器，防止转速超限后损坏增压器，在发动机转速很高时打开，一部分废气旁通后直接进入排气管）表面有一明显的凹坑，且固定放气阀的底板、放气阀推杆都严重弯曲了。因为位置比较隐蔽，所以不容易发现。

经询问车主得知，该车不久前因固定转向助力液罐的支架断裂，致使转向助力液罐碰撞在增压器放气阀上，当时只将转向助力液罐重新固定，并未发现增压器放气阀损坏。

由于增压器比较昂贵，于是将增压器放气阀的底板校正，并将弯曲的放气阀推杆修复，

而后起动发动机试车，在怠速时进气压力约为98.9kPa，踩下加速踏板后，进气压力迅速上升到120kPa。对该车路试，发动机加速有力，在最高档位时，车速能很快达到120km/h，此时的进气压力上升到230kPa。故障排除。



维修小结

该车的故障是由于增压器放气阀受到撞击，并造成放气阀底板及放气阀推杆的弯曲变形，使放气阀一直处于开启状态，致使涡轮增压器不能正常工作引起的。

444. 金龙KLQ6129QE3型大客车发动机动力性能差，难起动怎么办？

故障现象：一辆2009年苏州金龙KLQ6129QE3型大客车，近日在起动时，需要用输油泵泵油才能起动，且起动动作要很快，稍慢就无法起动，有时需要一人泵油一人起动发动机才能起动，并且在车辆行驶过程中动力性能差，加速困难。

故障诊断与排除：该车装备的斗山DL08型欧Ⅲ排放发动机，该发动机采用的是博世柴油共轨系统。先使用车载诊断系统调出故障码，显示故障码为6.3，含义为“共轨压力异常”。用金德KT670故障检测仪进行检测，显示的共轨压力变化见表8-7。

表8-7　共轨压力变化情况

发动机转速/（r/min）	实测共轨压力/MPa	参考共轨压力/MPa	备　　注
190～210	8.0～8.5（瞬时10）	10～11	未能起动
700～900	45～55	70～80	低速
1500～1700	65～85	110～115	中速
2000～2200	85～100	120～125	高速

将以上数据进行比较发现：起动发动机时转速正常，但共轨压力过低，故未能起动；泵油起动后，低速、中速与高速时所显示的共轨压力都偏低，这就是加速困难的原因。通过检测，确认故障为共轨压力过低。造成共轨压力过低的原因有：

① 喷油器泄油引起共轨压力降低，此时尾气排放异常。

② 高压端油路泄压引起共轨压力降低，此时泄漏部位有漏油的痕迹。

③ 低压端油路漏油、漏气会引起轨压降低，此时泄漏部位有漏油痕迹。

④ 高压油泵供油异常。

可按照上述不同原因进行如下检修：

1）在发动机运转时，检查尾气的排放情况，没有冒白烟、黑烟及混合气过浓的异味，可排除喷油器泄油引起共轨压力降低的可能。

2）对高压端油路进行检查，没有发现漏油痕迹，可排除高压端泄油引起共轨压力降低的可能。

3）对低压端油路进行检查，因柴油滤清器更换才5天，故先对柴油滤清器进行检查，没有发现漏油痕迹，外露油管也没有发现漏油痕迹，油箱至柴油滤清器的油管过长，不便于检查，在柴油油水分离器处拆下高压油泵的进油管，接上一支小软管，用容器装柴油进行短接吸油，起动发动机，也出现和以上未能起动时检测到的相同的数据，故低压端油路出现故



障的可能也被排除。

4）检查高压油泵。高压油泵由低压部分与高压部分组成，组装在一个整体内，低压油泵经低压油管、柴油精滤器向高压油泵输送柴油，高压油泵将低压油泵输送来的燃油增压后输入共轨管。从高压油泵的工作原理可知，高压油泵内部的低压部分和高压部分磨损后，都不能向共轨管供给足够压力的燃油。因为在起动时用输油泵泵油才能够起动，说明低压没有供给足够压力的燃油到高压油泵，故确认该故障原因是低压部分磨损，引起供油不到位，造成共轨压力过低。

更换高压油泵总成后试运行，故障排除。

445. XML6807J23 型金龙客车发动机动力不足怎么办?

故障现象：一辆厦门金龙 XML6807J23 型客车，装配玉柴 YC4G200-30 高压共轨柴油发动机，电控单元为德国博世系统。该车发动机动力不足。

故障诊断与排除：接车后进行试车。接通点火开关，发动机故障灯在点亮 2s 后自动熄灭；起动发动机，起动机能够顺利起动着机，快速踩下加速踏板，发动机转速提升较慢，并没有玉柴发动机特有的加速时的清脆声。接着对该车进行路试，发现其提速缓慢，且将加速踏板踩到底时，车速仅能达到 66km/h。通过仪表台内的三引脚诊断连接器，连接玉柴发动机专用检测仪读取故障码，调得的故障内容分别为：离合器开关信号故障；喷油器 6 驱动线路故障；空气温度传感器信号错误（超低限、超高限、CAN 信号错误）；车速信号错误（信号超高压、超低限、CAN 信号错误、信号不合理）。将故障码记录后再将其清除，重新起动发动机后再次读取故障码，故障检测仪显示系统正常，无故障码，从而说明以上故障码都是偶发性故障，或是历史故障码。

经分析认为造成玉柴高压共轨柴油机动力不足的主要原因有：

① 冷却液温度过高导致热保护。

② 冷却液温度传感器或其驱动线路故障。

③ 空气滤清器堵塞。

④ 涡轮增压器损坏及增压后的管路漏气。

⑤ 高低压燃油管路堵塞及相关传感器或执行器故障。

⑥ 排气堵塞。

⑦ 电控单元故障。

⑧ 机械故障（如气门调整错误）等。

根据上述不同的原因，具体检修方法如下：

1）首先打开发动机室盖，检查该车的燃油供给系统，发现油水分离器与燃油滤清器都是刚换的新件，从油箱到高压油泵管路无堵塞、吸扁的现象，手油泵泵油有力，增压器叶轮运转灵活，无松旷或卡滞现象。增压后的管路连接良好，无破损脱落的现象。

2）由于该车无排气制动，不存在排气不畅的可能性。

3）电控单元导线侧连接器线束与传感器连接良好。

4）起动发动机后并让其怠速运转，读取动态数据流，冷却液温度为 54℃，与冷却液温度表上的显示基本一致，额定共轨压力 55. 0MPa，实际共轨压力 55. 8MPa，也符合要求。大气压力为 101kPa，增压压力为 94. 8kPa，也没有明显差别（因增压器在低速时不工作，故此时数值比大气压略低是正常的），踩下加速踏板，将发动机转速稳定在 2000r/min，发现增



压压力值仅为 96.8kPa，远低于正常值（120kPa），其他参数均正常。怀疑进气温度/压力传感器损坏。换上新的进气温度/压力传感器后试车，增压压力值略有变化，但仍低于正常值。怀疑线路故障。因为以前也遇到过类似故障，当时也是更换传感器无效，最后剥开线束才发现是进气温度/压力传感器的端子 4（压力信号线）在发动机线束中段因破损而烧蚀，造成几根线连在一起，引发进气压力低。

经对该车的相关线束进行检查，没有发现烧蚀、断裂或虚接的现象。既然电控方面没有找到原因，而且当前也没有故障码，怀疑是机械方面的故障所致，如增压器限压阀不能关闭等。

5）打开发动机室侧门进行仔细观察，发现增压器与排气支管连接处有大片被熏黑的痕迹。增压器与排气支管连接处的钢制垫片被冲开，在靠近气门室侧有 1mm 左右的缝隙，用手一推，整个增压器都能晃动。

将增压器拆下后，将结合面清理干净，换上新的垫片，并按规定力矩拧紧，并接好所有的管路。将旧的进气温度/压力传感器换上，将相关线束包扎固定好，而后试车发现，当发动机转速上升到 2000r/min 时，进气压力略超过了 120kPa，且加速踏板反应灵敏，发动机转速提升迅速。经过路试，该车加速度有力，能轻松达到 90km/h，进气压力达到了 178kPa，故障排除。


维修小结

该车的故障就是因为增压器与排气支管之间的垫片被冲坏引起的，因为大量的废气从破裂处涌出，造成增压器不能正常工作，进气量不足，相应地，发动机控制单元也减少了喷油量，从而造成发动机动力不足，加速无力的现象。

446. 宇通 ZK6127HS 型客车发动机无法起动怎么办?

故障现象：一辆 2008 年产宇通 ZK6127HS 型客车，装备潍柴 336 国Ⅲ发动机、欧科佳三级 CAN 总线。该车将点火开关置于 ON 位，并接通仪表控制台上的总电源开关，仪表控制台上的所有警告灯闪烁一下，各种指示表指针跳动一下，同时听到仪表控制台内部有微型电动机工作的声音，仪表控制台中间的液晶显示屏有背景光出现，但不显示任何信息。将点火开关置于 ST 档时，车辆无任何起动动作。

故障诊断与排除：经询问驾驶人得知，该故障已经有一段时间了，时好时坏。结合故障现象，检查后发现蓄电池舱体内的整车电源主继电器不工作，造成整车主电源不供电。经过查阅该车电路图，发现整车电源主继电器由一根搭铁线和一根粉红色的 149 号线控制。

传统的客车主电源电路中的 149 号线由仪表台上总电源开关或点火开关控制，但该车的 149 号线却是由车身 CAN 总线的车身后部控制模块（IOU4）的 CN5 连接器的 10 号端子提供 24V 电压。

使用万用表对该模块 CN5 连接器的 10 号端子测量，发现无电压输出，可能的故原因有：IOU 模块假死机（以前出现并排除过）、IOU 模块不工作、IOU 模块损坏。

由于该车使用的欧科佳三级 CAN 总线，技术比较成熟，模块出现故障的可能性不大（暂不考虑），欧科佳三级 CAN 总线中除仪表模块外，车身前部控制模块（IOU1）、车身顶部控制模块（IOU2）、底盘控制模块（IOU3）和车身后部控制模块（IOU4）4 个模块使用的是相同的模块，可以互换使用。考虑到诊断故障先易后难的原则，首先检查 IOU1 模块的



供电是否正常，使用万用表测量其CN1连接器的1号端子上有24V电源，2号端子为搭铁，正常。把该模块拆下与其他3个模块进行调换（此操作过程需把整车电源切断，人体自身静电放掉），故障依旧，说明该模块没有问题，也没有出现假死机现象。

该车蓄电池负极与车身及车架搭铁，所有模块的CN1连接器的2号端子为负极。正极电源经过手动电源开关供给车身4个模块CNI连接器的1号端子和CN5连接器的1号端子和2号端子，此时所有模块进行自检后进入休眠状态。

仪表控制台上的总电源开关控制负极（传统车辆控制正极电源直接到电源主继电器），仪表模块CN5连接器的4号端子通电唤醒休眠中的仪表模块，仪表模块CN2连接器的1号端子和2号端子分别连接到IOU1模块的CN2连接器的7号端子和6号端子唤醒IOU1模块（此两根线为通信线），IOU1模块的CN3连接器的7号端子和6号端子通信线至IOU2模块的CN2连接器的7号端子和6号端子唤醒IOU2模块。以此类推，逐一唤醒IOU3模块、IOU4模块，最后IOU4模块的CN5连接器的10号端子输出一个24V电压到整车电源主继电器使其吸合，吸合后的整车电源主继电器提供蓄电池的正极电源到起动机电源主继电器、发电机的G接柱、倒车监视器和点火开关。将点火开关置于ON位，为仪表模块的CN5连接器的1号端子和2号端子提供正极电源，仪表显示屏点亮反应整车所有的仪表信息，这样才能完成整个的车辆供电系统。当然，在这个所有模块通信中必须执行一个J1939的通信协议。

根据该车的电路原理和欧科佳三级CAN总线的控制方式，首先检查各个模块的供电线和搭铁线，也就是模块的CN1连接器的1号端子和2号（负极）端子、CN5连接器的1号端子和2号端子，除了仪表模块的CN5连接器的1号端子和2号端子无正极电源外，其他各模块的正、负极均正常。但仪表模块的CN5连接器的1号端子和2号端子的电源需整车供电后由点火开关控制，暂不考虑。再检查总电源开关供给仪表模块CN5连接器的4号端子为负极，正常。最后想检查各模块之间的通信线路，但由于该车为双层大型高一级客车，各个模块安装部位距离较远，逐一检查测量各模块之间的通信线路费时费力。该车利用仪表模块对整车各个模块及各种信息的监控作用，包括对其他模块的信息交流都会在仪表液晶显示屏上体现出来。于是拔掉整车电源主继电器上的149号线，打开整车电源主继电器后盖强行送电，这时接通仪表上的总电源开关，接通点火开关，仪表上的所有显示出现，但是仪表蜂鸣器报警并在仪表显示屏右下角出现IOU通信故障，按照仪表操作规定进行操作，发现IOU1在仪表上显示为白色，IOU2、IOU3、IOU4显示为红色，此现象代表IOU1模块与仪表模块通信正常，其他模块与仪表模块通信出现错误，IOU模块是以仪表模块向后逐一唤醒其他模块的，IOU1和仪表模块通信正常，从IOU2开始向后的模块与前面的模块通信出现错误，说明故障出现在IOU1与IOU2之间的通信上。于是重点检查IOU1与IOU2之间的通信线，发现此通信线在汽车仪表台右下角有一个连接器，其中一根通信线出现似断非断现象。

对出现故障的通信线重新连接包扎，安装好屏蔽线并进行导通性测量，符合要求，故障排除。

447. 宇通客车行驶中的发动机高速发抖，上坡行驶无力怎么办?

故障现象：一辆型号为ZK6108HGC的宇通客车，装备YC6G240-30国Ⅲ玉柴电控柴油发动机。该车行驶中发动机高速发抖，车辆上坡行驶无力。

故障诊断与排除：该车装备的YC6G240-30国Ⅲ玉柴电控柴油发动机是采用德尔福电控单体泵系统（电控单体泵系统是一种模块化、时间控制的单缸高压泵系统，喷油始点与喷

油量分别由电磁阀关闭时刻与关闭的持续时间决定，喷射压力可达200MPa)。可能产生故障的主要原因有：

① 机油、冷却液、空气温度过高，产生热保护。

② 燃油不够（进出油管过小，供油不足或泵油能力不足)。

③ 个别气缸不工作。

④ 转速传感器信号不同步。

⑤ 增压压力不够。

根据上述不同的故障原因，检修方法如下：

1）连接故障检测仪进行检测，无故障码显示。因此基本上可排除电控系统的问题。更换柴油滤清器、输油泵后试车，发现平路行驶的动力不足现象有好转，但仍然上坡无力。检查进气系统（空气滤清器、增压器和中冷器)，均未发现异常。

2）用故障检测仪读取数据流，并将它与正常车辆的发动机数据流进行对比，发现：进气压力太低，故障车发动机怠速时进气压力为92～93kPa，正常车辆发动机怠速时进气压力为100kPa左右，此时，大气压力为103.3kPa；当故障发动机转速在2200r/min时进气压力为70kPa，正常车辆发动机转速在2000r/min时进气压力为150kPa。由此可见，进气压力应随着发动机转速的提高而提高，但故障车的进气压力却随着发动机转速的升高而降低（比大气压力还低)，形成负压，造成进气量不足，而ECU按进气量供油，因而造成动力不足，上坡行驶无力。

3）检查增压系统。增压系统已经检查并无漏气，经测量进气压力传感器正常。该车已运行了2年多，ECU没有更换过，不会发生ECU数据错误，也不会是进气系统弯管太急太小等设计问题，问题还应在于增压系统。再从空气滤清器开始检查，用故障检测仪查看发动机运行数据。在断开中冷器进气口（不用增压器）后，怠速时进气压力只有90kPa，加速时进气压力更低（60kPa)，负压更大，发动机加速性能更差。在断开所有进气系统管路，直接从进气歧管管口进气后，大气压力数据与进气压力数据相同，发动机加速基本正常。经过对数据流的分析比对，再次确定故障在中冷器。

4）拆下中冷器进气管，发现中冷器进气室内的散热管上附有塑料样物品（可能是一次性塑料袋)，严重堵塞了进气通道。

对中冷器清理、检查、装车后试车，正常，进气压力从发动机怠速时的100kPa左右上升到2000r/min时的160kPa左右，与正常车辆发动机进气压力的变化情况基本相同，故障排除。



维修小结

该车维修时，没有说明故障发生时中冷器进气管曾脱落过，自己将它装回后车辆就上坡行驶无力了。国Ⅲ、Ⅳ电控柴油发动机发生故障并非都是电控系统的故障。除电控系统外，其他故障基本上都与国Ⅱ电控柴油发动机的排除方法相同，在故障检测仪显示无故障的情况下，要充分利用故障检测仪的数据流功能，对数据流加以分析，可以快速判明故障原因，为维修工作带来便利。



448. ZK6986型宇通客车发动机自动熄火怎么办?

故障现象：一辆郑州ZK6986型宇通客车，采用玉柴YC6J240-30型高压共轨柴油发动机。该车发动机在行驶途中出现发动机自动熄火现象，熄火后将发动机勉强起动后，出现发动机故障灯点亮，发动机转速固定在1200r/min，踩加速踏板发动机转速不提升的现象。该车勉强又行驶了约20km后，发动机再次自动熄火，熄火再次起动，发现起动机无反应。

故障诊断与排除：接车后进行检查，发现按动前、后起动开关，起动机均无反应。将起动开关打到起动档后，起动机控制线路没有电。打开左前轮前面的电器舱，发现熄火熔丝(10A)已经熔断，换上新的熔丝后，再次起动发动机，起动机运转1s后就再也没有任何反应了，再次检查熄火熔丝，发现刚换上的熔丝再次熔断。

连接玉柴发动机专用故障检测仪检测，调得了4个故障码，分别为525——起动机开关故障，低端对电源短路/对地短路/开路；522——参考电压2（用于油门位置传感器等）故障/超高压/超低压；531——系统灯（故障指示灯）驱动线路故障（对电源短路/开路/对接短路)；545——车速信号故障2超范围（信号超过高压/超低压/CAN信号错误/信号不合理)。通过现场检查和故障码分析，熄火熔丝熔断肯定是线路中存在短路或负荷过大的现象，而4个故障码都存在于车身线束到发动机控制单元之间，应重点检查车身线束从仪表台、车架，一直到发动机控制单元之间是否存在进水、磨损、虚接或短路等现象。从发动机控制单元上拔下车身线束的导线侧连接器，连接良好，无端子烧蚀及进水的现象。顺着这根线束从后向前查找，发现此线束在变速器上部有一个大的线束连接器。从变速器上部的检查孔发现，车身线束因固定不良已脱落在变速器后端的缓速器上，造成大量的导线磨断或磨损。经仔细检查，发现有2根导线外皮磨破，有9根线束磨断。将所有损坏的线束按照颜色和线号全部接好后，将此段线束重新固定牢固。再次更换熄火熔丝后起动发动机，发动机顺利起动着机，而且着机加速有力，运转平稳。用故障检测仪将故障码消除后再重新读取，显示系统正常。故障排除。



维修小结

该车故障时因车身线束固定不良，脱落至缓速器外壳上，客车在正常行驶时缓速器的外壳高速旋转，在较短的时间内就造成了车身线束的大量磨损，并造成线路短路，从而引发此次故障。当线束经过高速旋转的部件或高温的环境时，一定要将线束固定好，并做好预防措施。

449. 奥迪A6L轿车柴油发动机故障灯亮怎么办?

故障现象：一辆2010年产奥迪A6L 2.7TDI轿车发动机故障灯亮。

故障诊断与排除：维修人员检测发动机控制单元，发现有增压压力过低的故障提示。清除故障码后，由于未发现有任何异常现象，因此怀疑是柴油油品不良造成的偶发故障，建议用户在行驶中进行观察。

车辆行驶1000km后，故障重现，且故障码与上次相同。但不同的是，这次清除故障码后试车，故障很快会重现。根据故障码的提示，维修人员对涡轮增压器控制单元J724进行检测，未发现故障码。对发动机控制单元J623进行初始化设定后，试车故障依旧。

由于缺乏 TDI 车型的资料，维修人员不知道该款发动机在不同工况下的正常数据，于是将故障车与同车型的正常车辆进行数据对比。在标准怠速时，两车的增压压力控制值基本相同。将怠速提升到 2500r/min，故障车增压压力控制值为 86.3%，而正常车为 62.1%，这一数据差异应当是找到问题的切入点。

从该车工作原理得知，J623 根据加速踏板的信号，通过 J724 控制涡轮增压器增压，并由进气压力传感器 G31 反馈进气歧管的压力，形成闭环控制。当 G31 反馈的压力值低于 J623 控制目标值一定量时，J623 将存储故障码。为提高涡轮增压器的响应速度，该车型的增压器是通过导向叶片来调整增压动力气流的，而导向叶片又是通过一个电动调节器来控制的。J623 将增压压力目标数据传给 J724，J724 将这一数据转换成增压压力控制值来驱动电动调节器，电动调节器带动导向叶片实现增压压力的调节。

考虑到进气歧管中如果存在气流泄漏点，是会导致增压压力损失的，而最易产生泄漏的地方常常是废气再循环系统。拆下进气歧管进行检查，发现废气入口处积炭很多。清理后重新试车，发现情况没有任何改变。又拆下涡轮增压器检查，也未发现任何异常。至此，进气系统的漏气及增压问题都已经排除，剩下的只有涡轮的驱动问题，即排气气流是否能够为涡轮提供足够的驱动力。但这是一个难题，因为到目前为止，厂家没有提供任何测量发动机排气压力及流量的测试工具，也没给出有关的参数。

于是将一废旧氧传感器内芯掏空，焊接一个气管接头，用气管将其与气压表连接，制成一个气压测量工具。拆下排气管上的氧传感器，将自制的气压测量工具装在排气管上。因为连接压力表的管路内没有气流，所以管路在短时间内不会过热。将气压测量工具安装好后，对故障车及正常车进行排气气压的对比测量，仍然是标准怠速及高速下测量数据（见表 8-8）。

表 8-8　排气压力测量值

发动机怠速转速/(r/min)	故障车排气压力/kPa	正常车排气压力/kPa
700	3.5	0.00
2500	80～90	3.5～3.6

从测量结果可以看出，故障车排气管中的气流压力明显高于正常车的，显然是排气气流受阻。根据经验，首先想到的是三元催化器堵塞，但用内窥镜从氧传感器安装孔观察，发现三元催化器表面并无堵塞的痕迹。查阅资料得知，该车除了三元催化器外，还装有颗粒过滤器，于是拆下排气管用内窥镜观察，发现颗粒过滤器堵塞严重。

更换带颗粒过滤器的排气管，重新测量排气压力，发现与正常车完全相同，故障排除。



维修小结

涡轮增压器是以排气气流作为其动力源的，气流动力的大小取决于增压器气流入口与出口的气流压力差，在增压器入口压力一定的情况下，出口压力越低，气流动力超强。该车由于颗粒过滤器堵塞，增压器出口压力偏高，使得涡轮的工作动力不足，增压压力达不到发动机控制单元给出的目标压力，因此发动机故障灯点亮。

排气系统阻塞造成排气气流受阻，使发动机功率下降的故障并不少见，尤以三元催化器堵塞故障为多。测量了一些不同车型数据，归纳总结为：对于正常车辆，发动机在各种转速下，排气压力均小于 4kPa，但在急加速时排气压力会有所升高。



450. ZK6831HGA 型城市公交车发动机散热器内有柴油怎么办？

故障现象：一辆 ZK6831HGA 型城市公交车，装备玉柴 4G-180-30 国Ⅲ高压共轨电控发动机。该车散热器内有柴油。

故障诊断与排除：询问驾驶人得知，该车并无动力不足的现象，就是散热器中有柴油，每天收车后储液罐中会有柴油溢出。可能的故障原因主要有：

① 气缸盖有气孔或裂纹

② 相关密封失效或供油系统有故障。

该车用玉柴发动机燃油系统的工作原理是：柴油从油箱被吸出，经过燃油粗滤器后进入输油泵，然后在输油泵的压力下流经柴油滤清器进油管、燃油滤清器总成、高压油泵进油管后进入高压油泵，从高压油泵出来的高压燃油经共轨管、高压油管后再被送至各高压连接管。高压连接管通过连接螺栓安装在气缸盖上，利用 O 形圈密封，气缸盖上各缸都有进、回油通道。高压燃油通过高压连接管内孔是进入喷油器，高压连接管外周和气缸盖通道构成回油通道，喷油器的回油因此可以借回油接头进入回油管路。从高压油泵和共轨管件溢流出来的剩余燃油也经过同样的回油管路返回油箱。该型发动机气缸盖上既有冷却液道，又有燃油油道和润滑油道。

根据上述故障现象，首先从气缸盖着手。拆下气缸盖，对气缸盖进行压力试验，发现第 3 缸位置有裂缝，认为故障就是气缸盖开裂变形所致，于是马上更换气缸盖，并清洗了冷却系统，一切完成后装复试车，刚开始发动机动力还算正常，几分钟后新的问题出现了，排气管排出灰白烟，发动机出现动力不足，像有一个气缸工作不正常。用故障检测仪进行检测，无故障码。怀疑是喷油器安装不正确导致有一个缸工作不正常，采用断开喷油器导线侧连接器的方法进行断缸试验，发现第 3 缸工作不良，更换该缸喷油器，并严格按技术要求重新安装（否则会导致喷油器工作异常或者损坏）。按技术要求装好喷油器后起动发动机试车，故障现象依旧，怀疑可能是新气缸盖未清洗干净（有油）所致，于是对该车进行路试。路试了大约 10km 左右，排气管排出的烟色开始变淡，并逐渐消失，发动机动力也变得正常了。查看散热器中的冷却液，暂未发现柴油，于是就让驾驶人将车接走，投入营运。

但过了一天，该车再次进厂，驾驶人反映储液罐内又有柴油了。只能再次拆下气缸盖进行检查，经压力试验，发现依旧是第 3 缸位置有裂缝，只得再次更换气缸盖，并清洗了发动机冷却系后按规范重新进行安装。在安装前对气缸盖进行压力试验，无砂孔和裂纹，安装后试车，发动机基本正常，但过了一会儿，问题再次出现了，排气管又冒出了灰白烟，发动机动力明显下降，根据燃油供给系柴油的走向分析认为，可能问题出在燃油供给系的回油管路上，由于该车是新车，管路不大可能堵塞，拆下回油总管查看，当拆到第 3 缸回油管时，发现无回油，而且在拆下回油管的情况下，发动机工作变得正常了，动力充足，排气管的排烟也正常了。于是拆下回油接头检查，发现该回油接头两头有孔，但中部未钻通。说明故障就是此加工缺陷所致。

把第 3 缸回油接头放到台钻上钻通，并清洁后装复，试车时发现发动机工作正常，故障排除。

维修小结

该车故障并不是由于气缸盖原因造成的，而是由一个小小的回油接头不通所致。回油接头不通，高压油不断地供给喷油器，回油无法回流，回油腔内油储满后无法排出，压力越来越高，使喷油器工作不正常，先是发动机排灰白烟，而后随着柴油越积越多，气缸盖被压出裂纹，柴油压力大于冷却系统液道内压力，柴油进入了液道，散热器内就有了柴油。

玉柴 4G-180-30 国Ⅲ高压共轨电控发动机喷油器安装注意事项：

1）必须保持喷油器及安装环境清洁，喷油器对杂质非常敏感，所有喷油器的防护套仅在装配前才可去掉。

2）将喷油器导入气缸盖安装孔时要求对准，要无明显阻力。

3）要用喷油器压块调整喷油器至适当的位置（高压油进口对正高压连接管）。

4）预装高压连接管，连接管螺栓的拧紧力矩为 15～20N·m。

5）喷油器的压紧力要符合规定，压力过高会造成喷油量变化。

6）高压连接管的紧固力矩为 50～55N·m。

451. SLG6700C3N 型客车在行驶中发动机偶尔自动熄火，发动机故障灯闪烁报警怎么办?

故障现象：一辆 2009 年 9 月生产 SLG6700C3N 型客车，装备南京依维柯 SOFIM140. 43S3 国Ⅲ发动机。该车在正常行驶中发动机偶尔自动熄火，发动机故障灯闪烁报警。发动机熄火后有时能够一次起动成功，有时无法起动。

故障诊断与排除：接车后，首先用元征 X-431 故障诊断仪读取发动机系统故障码，发现有历史故障码 2 个，分别为 0162 和 0164。故障码 0162 的含义为：燃油压力-共轨柴油压力管理故障（正极偏移）。故障码 0164 的含义是：燃油压力-共轨柴油压力故障（太低）清除故障码。发动机着车后，用故障诊断仪再次读取发动机系统故障码，无故障码，读取发动机系统数据流，也没有发现异常。

根据历史故障码的读取情况，故障码 0162 的检修范围是检查喷油器液压和机械效率及高压油泵效率，故障码 0164 的检修范围是检查高压系统，如有必要更换高压油泵。2 个故障码的检查范围都包括检查高压油泵这一项，看来高压油泵出现故障的几率较大，可是针对这辆只运行了 8300km 的“准”新车而言，高压油泵出现故障的可能性不大，并且由于高压油泵价格较高，附近的服务站暂时也没有备件。通过询问车主得知，该车偶尔出现此故障，不出故障时整车一切正常。

针对以上情况，重点检查低压供油系统（如图 8-19 所示），分别更换了油水分离器、电动燃油泵和柴油滤清器，用于压缩空气把各段低压油管全部检查一遍。当时由于燃油箱内燃油较多，没有拆下燃油箱检查。全部检查结束后路试了大约 30km，故障再次出现，当时用故障诊断仪读取发动机系统故障码，还是 0162 和 0164 两个故障码。根据当时情况判断，可能是电动燃油泵的控制线路出现故障。

该车电动燃油泵正常工作是当钥匙开关旋转到 ON 档时，发动机 ECU 控制继电器向电动燃油泵供电，电动燃油泵开始工作；如果发动机在 9s 内没有起动，则 ECU 取消向燃油泵继电器供电，电动燃油泵停止工作。当发动机起动后，ECU 控制继电器持续向电动燃油泵



供电直至钥匙开关回到 OFF 档。电动燃油泵工作原理如图 8-20 所示。

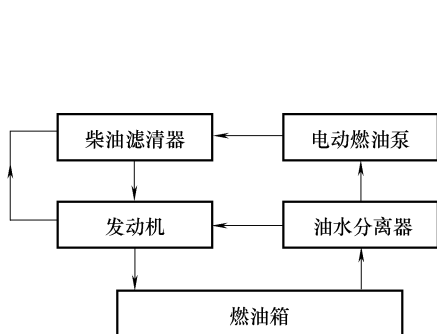


图 8-19　南京依维柯国Ⅲ发动机低压供油系统简图

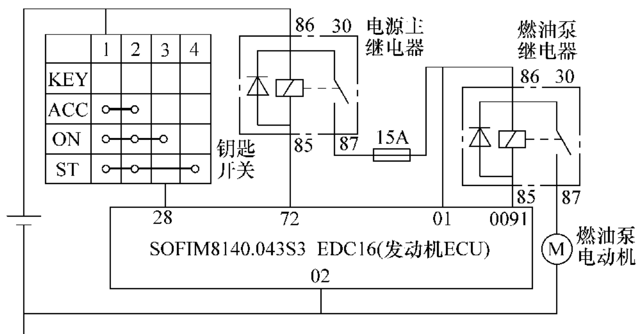


图 8-20　电动燃油泵工作原理

由于电动燃油泵是刚刚更换的新件，应该不会出现故障，于是就直接给电动燃油泵接上电源，不让它受 ECU 控制，重新路试车辆，结果故障再一次出现，当时燃油泵还在工作，只是工作的声音有点不太正常。难道是没有燃油了？可是检查燃油箱内至少还有一半的存油，燃油箱的油量传感器是刚换的，应该不会坏吧。根据习惯，如果油量传感器失效，驾驶人一般是用较长的东西，从加油口直接伸入油箱内来检查油面的高度，确定燃油存量的多少，难道是有异物堵塞了燃油箱内部的发动机进油管？把油箱拆掉彻底检查后发现，油箱里面有一块大约 100cm^2、表面带有塑料薄膜的纸板。这块纸板是在一次油量传感器失效时，用来检查存油多少时用的一部分，当时他感觉纸板好像短了一点，也没有在意，结果就出现了以上问题。因为纸板上带有塑料薄膜，燃油无法把它腐蚀掉，它就在燃油箱底部随着燃油晃来晃去，当它晃到燃油箱里面的发动机进油管附近时被吸附在进油管上，正好堵住了发动机进油口。由于低压油路内缺少燃油，高压油泵无法正常工作，发动机故障灯闪烁报警。

把纸板取出后，清洗燃油箱，重新加注燃油，路试了大约 200km，没有出现发动机熄火故障，故障排除。

452. 江铃宝典汽车 JX493ZQ5A 发动机故障灯亮怎么办？

故障现象：一辆 2009 年产江铃宝典汽车，装备符合国Ⅲ标准的 JX493ZQ5A 发动机。该车发动机故障灯亮。

故障诊断与排除：江铃宝典汽车为了便于发动机在寒冷气候条件下顺利起动，发动机起动前接通点火开关后，发动机 ECU 接收到冷却液温度传感器或机油温度传感器的低温信号时，控制 GCU 工作，ECU 内的继电器闭合，电流便由蓄电池正极经 GCU 端子 30、GCU 内的继电器、GCU 的端子 G1 至端子 G4 和相应的预热塞连接线流到 4 个预热塞的电源接头，再经预热塞中的中心螺杆、调整线圈和加热线圈后流到蓄电池负极。这时加热线圈和调整线圈发热，发热体钢套则发热变红，从而加热进气管内的冷空气，达到顺利起动发动机的目的。预热塞在加热进气管内的冷空气的同时点亮预热指示灯，当预热指示灯熄灭时，可以起动发动机，此时，预热塞继续工作几秒钟，以利于发动机起动。预热塞中，加热线圈的电阻对温度变化不敏感，而调整线圈的电阻具有随温度升高而变大的特性。调整线圈与发热线圈串联后，在温度低时 2 个线圈中有较大的电流通过，使预热塞温度很快升高，但随着温度的

升高，调整线圈的电阻变大，2 个线圈中的电流逐渐变小，从而实现对预热塞和 GCU 的保护，同时节省电能。

另外，发动机 ECU 对预热塞电路还有安全保护功能，即当预热塞电路对搭铁短路、电流过大时停止预热塞电路的工作，点亮发动机故障灯，并设置故障码。

根据上述故障现象，检修方法如下：

1）读取故障信息。用 KT600 读取发动机 ECU 中的故障码，读得的故障码为 P0382 含义有发动机 ECU 请求预热塞工作，但预热塞实际不工作方法如下。

2）检查、判断预热塞状况。根据以往的维修经验，认为有 1 个或 2 个预热塞有故障，可是用万用表电阻档测量预垫塞的电阻时，4 个预热塞的电阻均为 0. 8Ω 左右（标准电阻为 0. 6 ~ 1. 5Ω），正常；拆下 4 个预热塞，用蓄电池分别给它们供电，4 个预热塞的发热体钢套均能发热变红。说明预热塞正常，于是怀疑预热塞控制单元（GCU）及其线路有故障。

3）检查 GCU 的线路情况。分别测量 GCU 端子 30 与端子 86（如图 8-21 所示）的供电电压，均为 12V，正常。检查 GCU 端子 31 的搭铁状况，搭铁牢靠。分别测量 GCU 的端子 DI 及端子 K 与发动机 ECU 连接线的电阻，测量 GCU 的端子 G1 至端子 G4 与相应预热塞间连接线的电阻，均小于 0. 5Ω，正常；对 GCU 线路状态也进行了检查，无对搭铁短路的现象。通过上述检查，确认线路无故障。

4）更换 GCU 和发动机 ECU。更换 GCU 后试车，故障依旧，又更换了发动机 ECU，问题仍然没有解决。

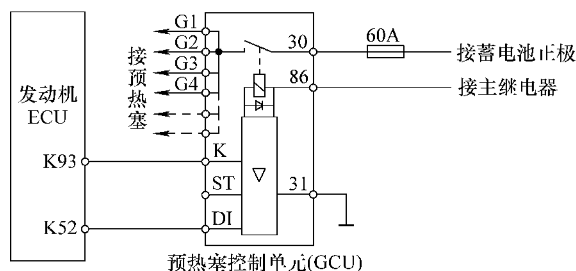


图 8-21　预热塞控制单元（GCU）线路

5）接通点火开关，用 KT600 读取故障码和数据流。当仪表板上预热指示灯亮时，读得的故障码仍为 P0382，读得的相关数据流如下：点火开关值为“开”，预热指示灯的状态为“亮”，GCU 中继电器的状态为“闭合”，冷却液温度为 5℃。当仪表板上预热指示灯熄灭时，读得的数据流如下：预热指示灯的状态为“灭”；GCU 中继电器的状态为“断开”；冷却液温度为 5℃。读取数据流时发现，预热指示灯的亮、灭与数据流的变化同步，说明发动机 ECU 正常，GCU 或预热塞可能有故障。

6）检测 GCU 对预热塞的供电控制情况。脱开 GCU 导线侧连接器，将测试灯连接在 GCU 侧连接器的端子 G1 上，接通点火开关，预热指示灯亮时，测试灯亮，测量 GCU 的端子 G1 至端子 G4 上的电压，有电压输出；在预热指示灯熄灭约 2s 时测试灯熄灭，GCU 端子 G1 至端子 G4 上均无电压。这说明 GCU 无故障（对预热塞的供电控制正常）。

7）通过依次断开各缸预热塞的方法检查预热塞。连接好 GCU 导线侧连接器，将测试灯连接在 GCU 导线侧连接器端子 G1 上，断开第 1 缸预热塞电源接头上的连接线，接通点火开关，测试灯亮一下，然后熄灭（测试灯熄灭说明 GCU 无电压输出），但预热指示灯并不熄灭，这说明发动机 ECU 请求预热塞工作，但是预热塞实际不工作。接着，断开点火开关，



连接好第1缸预热塞电源接头上的连接线，断开第2缸预热塞电源接头上的连接线，接通点火开关，此时测试灯随着预热指示灯点亮而亮，且在预热指示灯熄灭约2s时熄灭，这说明在断开第2缸预热塞后其他预热塞就能正常工作。

更换第二缸预热塞后试车，故障排除。



维修小结

用万用表电阻档测量预热塞的电阻，对于判断调整线圈和发热线圈的断路或短路故障，是一种行之有效的方法，用蓄电池通电的方法来观察预热塞的发热体钢套能否发热变红，能比较直观地判断预热塞是否可以加热空气，但是仅用这两种检查方法，很难判定预热塞电路的所有性能参数（如该车故障中第2缸预热塞工作时电流过大）是否正常。

453. 北方奔驰牵引车发动机动力不足怎么办?

故障现象：一辆新购的北方奔驰牵引车装备潍柴WP10.336发动机。该车发动机动力不足，空载时故障现象不明显，但重载时档位和发动机转速不匹配，尤其在上坡时出现车辆有矬车的现象，发动机故障灯点亮。

故障诊断与排除：用WP-VDS100故障检测仪检测，显示为油路系统故障。首先检查位于车架上的燃油滤水滤芯，滤芯底部无水分，无杂质。再解剖检查发动机柴油粗、细滤芯，也均无堵塞。检查油箱出油管路，没有漏气及析弯的现象。最后拆检柴油箱中的燃油回油管，发现回油管粗滤网没有了，而改用了一根加长的软管直通油箱底部。

原来新车由生产厂家送到用户过程中，送车人为了节省柴油，人为用一根软管将进油油管加长，这样就能减少油箱中剩余的柴油。其实回油管与油箱底部有一定距离，目的是为了保证在柴油箱底部留有充分的水分和杂质沉淀的空间，防止水分和杂质进入油路而影响燃烧。该车空载时，发动机需要的柴油少，反应不明显。重载时，发动机需要的柴油增加，因为劣质蛇皮管太软进油时被吸扁，发动机供油不足，导致动力不足。

故障排除：将后加的软管拔掉，安装回油管粗滤网。清除故障码，试车，故障排除。

454. 北方奔驰自卸车发动机动力不足，发动机故障灯点亮怎么办?

故障现象：一辆新购的北方奔驰自卸车，采用潍柴WP10.336国Ⅲ高压共轨柴油发动机)。该车发动机动力不足，发动机故障灯点亮。

故障诊断与排除：连接WP-VDS100故障检测仪读取故障码，为P251——低压油路或高压油路故障。用故障检测仪检测，显示共轨限压阀打开或低压油路回油不畅。检查低压油路回油管，发现从车架处通过的回油管折扁，造成回油不畅，导致共轨管限压阀回油背压升高，共轨管内燃油压力升高，轨压传感器将升高的燃油压力信号传送给发动机ECU，发动机ECU与其内部存储的规定压力值比较，误认共轨管内燃油压力大于规定压力，认为燃油供给系有故障，于是启用“跛行回家”故障模式（该模式是发动机带故障运行的一种模式。

发动机 ECU 检测到发动机出现了故障，于是限制发动机的功率输出，使发动机转速只能增加到 1500r/min，使驾驶人能将车开到最近的维修站进行维修）。因为发动机最高转速只能达到 1500r/min，所以感觉发动机动力不足。

更换折扁的回油管后，清除故障码后试车，故障排除。

455. 江淮 HK6103H3 型客车起动后发动机自行熄火怎么办？

故障现象：一辆江淮 HK6103H3 型客车，装备潍柴 WP6.240 型直列、水冷、6 缸、4 冲程、直喷、增压中冷电控柴油机，发动机采用博世公司的电控高压共轨喷油系统。该车起动后发动机抖动，转速上升到 540r/min 后立即下降，1～2s 后发动机自行熄火。

故障诊断与排除：经分析认为，引起上述故障的原因可能是：油路故障或线束故障。首先用闪码法读取发动机故障码，无故障码输出。

接着连接博世 KTS 诊断仪，读取高压共轨系统的数据流。起动发动机，检测到的数据流为：共轨压力上升到 44.0MPa 后回落到 28.0MPa，然后在 28.0～32.0MPa 之间波动。初步怀疑低压油路或高压油路有泄漏，或者是回油管被压扁。

检查高、低压油路，均无泄漏。拆开喷油器及高压共轨管（如图 8-22 所示）的回油管路，起动发动机，观察回油情况，发现当燃烧室有爆发声时高压共轨的回油管路有油喷出，至此判断为高压共轨管上的限压阀（如图 8-23 所示）损坏。更换该限压阀后，发动机顺利起动，运转正常。

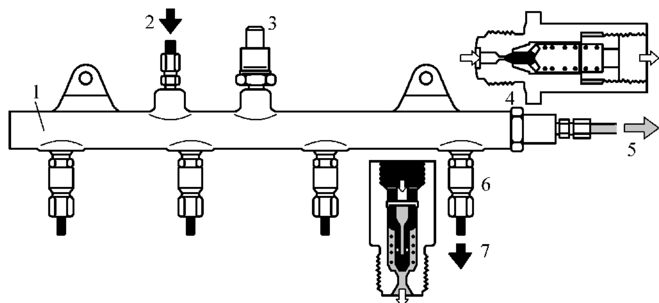


图 8-22　高压共轨管

1—高压共轨管　2—接高压油泵　3—共轨压力传感器　4—限压阀　5—接回油管　6—流量限制阀　7—接喷油器高压油管

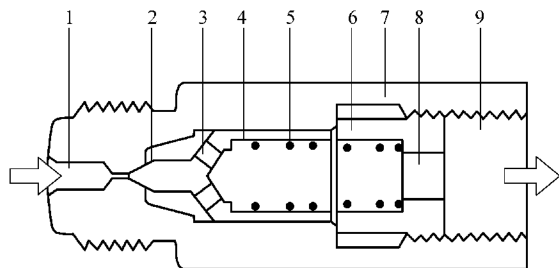


图 8-23　限压阀的结构

1—高压接头　2—阀芯　3—通孔　4—活塞　5—压力弹簧　6—限位套　7—阀座　8—通孔　9—回油孔



维修小结

要使柴油机顺利起动着机，不仅需要大量燃油充分雾化后喷入气缸，而且要求气缸内的空气压缩后具有一定的温度和压力，这样才能使柴油自燃。该车故障中发动机的共轨压力最高只能达到44.0MPa，低于设定的喷油器最低喷油压力，燃油无法通过喷油器喷入气缸内，发动机必然会熄火。导致共轨压力过低的原因是共轨管上的限压阀损坏（可能是其内部的压力弹簧折断），使本应在共轨管中的燃油压力过高（允许瞬时最大共轨压力为系统额定压力+5MPa）时打开的回油阀在燃油压力很低时就已打开卸压，造成共轨压力过低，发动机自行熄火。

456. 中通客车电控柴油机加速时冒黑烟？

故障现象：一辆中通客车，装备潍柴WP6.240型电控柴油机。该车加速时发动机冒黑烟。

故障诊断与排除：引起发动机加速时冒黑烟的原因主要有：气路方面，即气缸的进气量不足；油路方面，即进入气缸内的油量过多。

连接博世KTS诊断仪，打开点火开关，读到3个故障码，分别为“23——点火缺火，气缸1”、“1694——第三故障指示灯对地短路”、“1686——故障灯对地短路”。进行清除故障码操作，3个故障码均能被清除。

接着检查气路，未发现问题。用诊断仪读取增压压力，其实际值为0.15MPa，也正常。此时怀疑进气压力传感器有故障，先检查线束及插接件，均正常，遂更换了增压压力传感器，但起动发动机试验，加速冒黑烟的故障并未消除。

采用手工断缸法检查，拔掉1缸的喷油器插接件，起动发动机并加速，冒黑烟现象没有出现，因而确定为1缸有故障。更换1缸喷油器，重新连接好1缸喷油器插接件，起动发动机并加速，冒黑烟现象再次出现，至此怀疑1缸机械方面有故障。

拆掉1缸的气缸盖，经检查发现进气门推杆弯曲，不能使进气门正常打开，使进入1缸的空气量减少，造成混合气过浓，因而产生加速时冒黑烟的故障现象。

更换新的气门推杆，起动发动机，加速时冒黑烟的故障排除。重新读取故障码，无故障码输出。

维修小结

发动机加速时冒黑烟可能是其自身故障引起的，也可能是进气管路、传感器和执行器、增压器等故障引起的，排除故障时要根据故障现象由简到繁、由表及里有序地进行检查，在发动机外部没有找到故障时，应从发动机自身寻找故障点。

457. KLQ6856型苏州金龙客车发动机产生异响，动力不足怎么办？

故障现象：一辆KLQ6856型苏州金龙客车装备玉柴YC4G200-30电控高压共轨柴油机，电控系统为博世公司的EDCT系统。该车发动机产生异响，动力不足。

故障诊断与排除：接车后，检查机油和冷却液，正常；进、排气管路也良好。接通点火

开关后发动机能顺利起动着机，发动机故障灯自检后能正常熄灭，但发动机抖动严重，加速时排气管冒黑烟，在进气歧管处能听到“咚咚”的敲击声；用手摸进气歧管处，能感觉到有规律的振动，且随发动机转速的提高振动频率会增加。该故障是在正常行驶中突然出现的。

首先，连接玉柴发动机专用检测仪，选择博世诊断系统，读取故障码，读取的故障内容有：车速里程表信号不合理；发动机进气系统负压值偏低。记录故障码后将其清除，再次读取故障码，发现只有关于车速里程表信号不合理的故障码储存，而且该故障码一直不能消除。经咨询玉柴技术部得知此故障码为一合理故障码，不会影响发动机的正常运行。排除了电控系统的因素后，又把检查重点转向机械方面。从故障现象上分析，像是有一个气缸工作不良或者不工作，而进气歧管上有规律的振动，怀疑是配气机构出了问题。配气机构一般常见的故障有：气门或气门座烧蚀、脱落；摇臂或摇臂轴断裂；气门间隙调整螺钉松动；气门挺杆或气门推杆断裂或弯曲等。

将气门室上拆开，脱开电控喷油器导线侧连接器，取下定位卡簧，将气门室上盖取下后仔细检查，发现第 2 缸排气门摇臂头部断裂脱落，其上的排气门摇臂也已断裂。

将摇臂总成拆下后，清理干净脱落的金属屑，把新摇臂总成安装到气缸盖上，并按 0.35mm 的标准间隙调整好各缸气门间隙，插上喷油器导线侧连接器，装好气门室上盖，然后起动发动机，发动机运转平稳，加速有力，故障排除。


维修小结

玉柴 YC4G200-30 发动机采用的是每缸 4 气门结构（2 排 2 进）。2 只进气门或排气门顶部都有一摇臂，摇臂下有 2 个小圆孔卡在 2 只气门杆顶部，由 1 个摇臂来驱动 2 只进气门或排气门工作。由于第 2 缸的排气门摇臂头部断裂脱落，使摇臂与气门桥的间隙从 0.35mm 增大到 20mm 以上，摇臂从气门杆上脱落，从而使 2 只排气门停止在关闭位置。因此，发动机运转时，第 2 缸进气门能正常打开而排气门始终关闭，第 2 缸内的气体不能从排气门排出，以致每当进气门开启时，气缸内的高压高温气体就从进气门冲回到进气歧管内，造成进气歧管有规律的振动，同时又干扰了其他气缸的正常进气，使得排气管冒黑烟，电控单元储存进气系统负压值偏低的故障内容。

458. 中通客车电控柴油机最高转速只能达到 1500r/min 怎么办？

故障现象：一辆中通客车装备潍柴 WP6.210 型电控柴油机。该车发动机最高转速只能达到 1500r/min。驾驶人熄火后重新起动发动机，行驶后上述故障再现。

故障诊断与排除：潍柴 WP6.210 型发动机为直列、水冷、6 缸、4 冲程、直喷、增压中冷柴油机，配备博世电控共轨燃油系统。

首先连接博世 KTS 诊断仪，打开点火开关，清除全部故障码。然后对故障车进行路试，行驶后，突然感觉加不上油，将加速踏板踩到底，车速仍然无法提高，且发动机最高转速只能达到 1500r/min。读取发动机故障码，共有 3 个故障码，分别为：“0475——车速传感器 CAN 故障”；“1683——CAN 通信数据传输错误”；“0580——电容器电压故障”。

检查喷油器线束，发现 1、3 缸中各有一条线连接有些松动，拧紧后检查其他线路，无



异常。

路试过程中发现发动机冷却液温度升高很快，出现故障时冷却液温度达到98℃，所以怀疑冷却系统有问题。该车冷却风扇是电子风扇，在驾驶室内有1个3档的控制按钮，用于控制电子风扇的转速。路试前接通该按钮，发现电子风扇转速很低，途中出现故障时电子风扇已经不转了，因此可确定导致冷却液温度过高的原因是电子风扇不转，所以ECU限制了发动机的输出功率，使发动机的最高转速只能达到1500r/min。

拔下电子风扇的控制线，发现电子风扇紧固螺钉松动，拧紧3个固定螺钉，再次进行路试，并且模拟公交车停靠站的行驶状况，没有出现故障现象。



维修小结

限制发动机转速是电控柴油机的一种失效策略。失效策略是指电控系统在故障状态下的运行策略，兼顾了故障后的行驶安全性、继续行驶性及排放性能。失效策略分为4级，第一级为缺省值；第二级为减转矩；第三级为跛行回家（Limp hone）；第四级为停机保护。本例故障即为第三级失效策略，ECU采用特殊的失效方式运行，依据故障的严重程度，限制发动机的转矩和转速，避免运行危险，同时保持继续行驶能力。

459. 中通客车车辆停驶后再次起动发动机，发现起动机无任何反应怎么办？

故障现象：一辆2010年的中通客车，装备潍柴WP10.375高压共轨柴油发动机。该车车辆停驶后再次起动发动机，发现起动机无任何反应。

故障诊断与排除：潍柴WP10.375柴油发动机安装了博世CRSN2-16共轨系统，最大共轨压力为160MPa，发动机电控单元（型号为EDC7UC31，共3个连接器，1号连接器共89个端子，2号连接器共36个端子，3号连接器共16个端子）直接安装在发动机气缸体上。该车起动系统简图如图8-24所示。

该车的起动系统控制与常见车型有所不同，其起动系统由发动机电控单元控制。发动机电控单元1号连接器的1.08、1.09、1.02、1.03四个端子为常电源端子，1.10、1.11、1.05、1.06四个端子为搭铁端子，当点火开关位于ON位时，1.40端子接收到24V电源，发动机电控单元由“睡眠”状态被“唤醒”，当发动机预热指示灯熄灭后，可以允许起动；当点火开关位于起动档时，1.61端子接收到24V电源，1.37端子与1.51端子控制起动继电器线圈通电，起动继电器触点闭合，起动机带动发动机转动，实现起动功能。

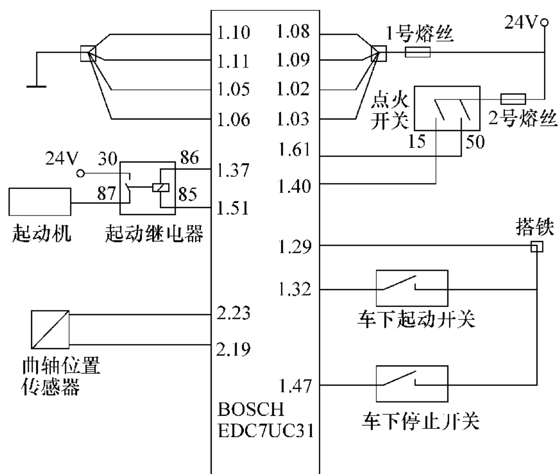


图8-24　中通客车起动系统简图

连接故障检测仪读取故障码，无故障码储存，并且发现起动时起动继电器不动作。拆下起动机电磁开关上的吸拉保位线圈上的接线，点火开关位于起动“ST”位时，用万用表测量该接线上的电压，结果

无电压（正常应该为24V），用工具短接电磁开关上的2个电源接线柱，起动机能转动，发动机也能正常起动，上述检查说明蓄电池及起动机正常，起动时起动机无反应故障原因应该是起动系统控制电路的问题。

由于故障检测仪能够进入发动机电控系统，由此可以判断发动机电控单元的电源、搭铁、点火开关ON信号及K线等均正常。检查2号熔丝，正常；拔下起动继电器，在起动继电器座处测量30号端子的供电电压，为24V，正常；测量87号端子与起动机电磁开关间导线的电阻，未发现断路及短路的现象；测量起动继电器的线圈电阻，为85Ω左右，正常，起动继电器自身也正常。点火开关位于“ST”位时，测量点火开关的50号接线柱，其电压有24V；拆下蓄电池的负极，拔下发动机控制单元的1号导线侧连接器，分别测量点火开关50接线柱与该导线侧连接器的1.61端子，86号端子与1.37端子，85号端子与1.51端子之间的电阻，均小于0.3Ω，并且各导线也未与搭铁短路。

通过以上各步的检查，说明蓄电池及起动机正常，起动时发动机电控单元的1.61端子能够接收到点火开关的起动信号，但是发动机电控单元不能够控制起动继电器触点闭合，因此，起动机无法转动。检查至此，未能排除故障，重新查阅维修手册，发现该车安装了车下停止开关和车下起动开关，两个开关都是常开型（按钮式）。如果停止开关触点常闭，是否会造成起动时起动机不转动？按此思路，检查车下停止开关，通过测量电阻，果然发现该开关处于闭合状态。拆下车下停止开关一端的导线后起动发动机，发动机顺利起动着车。

更换车下停止开关后试车，故障排除。



维修小结

安装博世共轨系统的重、中型柴油机在配套客车时，由于发动机后置，为维修方便，普遍在发动机室内安装了车下停止开关和车下起动开关。车下停止开关检修是比较容易被忽视的地方，其正常状态应该是处于常开，当车下停止开关出现短路故障时，发动机就会无法起动。

起动系统受发动机电控单元控制，可以实现对起动机的保护。当起动系统正常，发动机出现意外（例如无法起动），起动发动机时，起动机齿轮和飞轮正常啮合，此时由于发动机故障无法起动，起动机转速为0，反电动势为0，起动电流最大，发动机电控单元通过曲轴位置传感器不能接收到曲轴转速信号，在一定时间内发动机电控单元就会使起动机继电器触点断开，起动机停止转动（虽然点火开关处在起动档），从而对起动机起到了保护作用。通过发动机电控单元对起动系统进行控制，在重、中型柴油机博世共轨系统中得到了广泛的采用。

460. 金龙XMQ6800Y型客车发动机间歇熄车，有时突然熄火怎么办？

故障现象：一辆2009年厦门金龙XMQ6800Y型客车，装备玉柴国Ⅲ YC4G180-30高压共轨发动机。该车发动机间歇熄车，有时突然熄火。早上起动车时较为明显，在熄车的同时发动机故障灯点亮。

故障诊断与排除：该车出现发动机熄车多次，无法正常行驶。首先起动发动机，着车10min，没有出现驾驶人所谈到的现象。分析认为可能是低压油路有泄漏或堵塞，于是将低压油管在油箱处拆下，另一头在燃油初滤器处拆下，用气泵做吹气试验，没有发现泄漏或堵



塞。把油箱内的低压油管从油箱中拆下检查，发现油箱滤网也很干净。用户要求更换掉2个燃油滤芯，在更换时也没有发现异常情况，说明低压油路基本正常。

进一步检查并读取故障码为363，含义为电源继电器故障。打开车辆蓄电池舱检查，发现蓄电池舱内电气系统的主电源继电器和排气制动继电器以及电气线路均已锈蚀严重，发动机线束和底盘线束对接处已锈蚀严重并已成酥饼状。把所有的继电器挨个接好，并将线束做包扎剪接整理后，起动发动机，着车试验良好，发动机故障指示灯也不点亮。

5天后车辆故障又开始出现。打开蓄电池舱，发现包扎的线束均良好，使劲晃动线束也没有发现熄车现象。读取故障码显示为434和442，434——压力泄放阀驱动故障；442——轨压传感器信号飘移。电话咨询玉柴售后，答复应更换共轨管，因为压力泄放阀没有零件可以单卖，只有更换共轨管总成。更换故障共轨管后，用户正常行驶了7天，故障依然存在。读取故障码，没有故障码，用户反映近几天早上起动车时，故障现象出现得频繁，有时发动机会自动熄火，接着重新起动车又正常着机，经过仔细分析，油路正常，电路部分也已包扎。忽然想到后舱还有一个后置熄火开关或车下停机开关和后起动开关。打开后舱起动开关盒检查时，后置熄火开关的27号线和27a号线均已锈蚀严重，造成接触不良。后置熄火开关背面接线图如图8-25所示。27号线和27a号线原本是常通线，断开两线发动机会熄火，故障很可能就是这2根线束接触不良造成的。

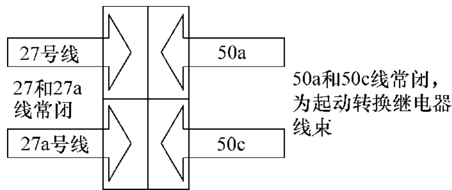


图8-25　后置熄火开关背面接线图

更换线束和插件后试车，故障排除。


维修小结

国Ⅲ高压共轨发动机的维修，在修理人员没有检测仪的情况下，要首先学会就车读取故障码，根据故障码的提示来思考判断故障点。金龙客车配置的国Ⅲ发动机的维修一定要注意后熄火开关或车下停机开关的作用，其故障也会造成发动机的熄车或者突然熄火现象。

461. 欧曼BJ5253GJB-2型水泥搅拌罐车在行驶途中，发动机限速1500r/min，怎么办?

故障现象：一辆欧曼BJ5253GJB-2型水泥搅拌罐车，装载潍柴WP12.336N型高压共轨发动机。该车在行驶途中，发动机限速1500r/min。

故障诊断与排除：询问驾驶人得知，该车断开点火开关后，重新起动，一切正常，但该现象反复出现。连接诊断插口，通过KT600诊断仪检测读取数据流，轨压在20～40kPa波动。初步怀疑是低压油路堵塞，导致共轨管上的传感器给ECU一个低压信号，使ECU控制发动机转速不足1500r/min，“跛行回家”。

首先，松开两圈输油泵到滤清器上的空心螺栓，起动起动机，看到冒出大量的柴油并无气泡，说明畅通无堵。打开高压油泵的进油空气螺栓，发现该铜滤网表面被杂物和毛纱堵塞。查看油箱，发现同样杂质过多。将铜滤网和油箱清洗后重新安装，试车，故障排除。

维修小结

电控柴油机的故障有许多问题是由于油路和气路故障引发的，不要仅仅追求电器故障。该车故障的主要原因是加油时没注意和柴油杂质太多，通过粗细柴滤后被最后一道滤网拦住，导致高压油泵进入共轨管内的柴油压力不足而被限速。

462. 依维柯工程车发动机突然熄火后，再也无法起动，怎么办？

故障现象：一辆南京依维柯工程车，装备索菲姆 8140. 43S3 欧Ⅲ电控高压共轨柴油机。该车发动机突然熄火，熄火后再也无法起动着机。

故障诊断与排除：首先将点火开关旋转至“MAR”档，仪表板上的发动机故障灯点亮，几秒后正常熄灭，表明经过自诊断，发动机电控系统无故障；检测曲轴位置传感器和转速传感器等，信号均正常。由于发动机 ECU 自身的故障率较低，所以暂且不管 ECU 的问题。经过检查发现，该车燃油系统中低压油路不供油，电动燃油泵不工作。电动燃油泵是通过燃油泵继电器受控于发动机 ECU 的，经进一步检查发现，为燃油泵继电器供电的中央电器控制盒无电源输出。拆下该控制盒，发现塑料外壳底部有明显的高温融化痕迹，打开中央电器控制盒后，发现电路板中的一段铜箔电路已被熔断，经检测，此段电路就是燃油泵继电器的电源电路。

通过分析认为，该电路板在设计、制造或材质等方面可能存在缺陷，当电动燃油泵工作时的电流超过了其承载能力时，就会导致此段电路过载发热，最终在熔丝完好的情况下，电路板铜箔被熔断，导致电动燃油泵不工作。

在电路板上焊接了一根导线，将熔断的铜箔部分跨接，使电动燃油泵继电器能够正常工作，具体的做法是，在不影响到电路板上其他电路的情况下，先将受损的电路板做适当的清理，然后将一根长 300mm、截面积为 1. 5mm^2 的绝缘导线焊接在原电路板上，将中断的电路连接起来。装复后试车，发动机一次性起动成功，故障排除。

463. 依维柯汽车发动机加速不良怎么办？

故障现象：一辆 2006 年依维柯欧Ⅲ共轨柴油机，采用索菲姆 S140. 43S 型发动机。当停在原地、发动机转速在 3400r/min 时，会出现发动机故障灯闪烁，再也无法提高转速的现象。而发当动机转速低于 3400r/min 时，故障灯又会熄灭。再次提速，故障又重复出现。路试时车速 95km/h 左右时发动机故障灯闪亮，同时出现加速不上去现象，并有矬车感，只能维持原车速。松开加速踏板车速降低在 95km/h 以下（此时发动机转速回到 3400r/min 以下）时，故障灯又会熄灭，再次提速，故障又重复出现。

故障诊断与排除：接车后通过原地试验和路试证明确实有上述故障现象。用元征 X－431 故障诊断仪检查发动机电控系统，查到故障码：进气压力传感器输出电压高。进气压力传感器在该车上装在进气增压器后面，所以又称增压压力传感器。

索菲姆 S140. 43S 型发动机存储“进气压力传感器输出电压高”故障码的原理是这样的：当 ECU 接收进气压力传感器输出的信号电压时，会与 ECU 存储器中的存储的转速/负荷/进气压力图谱程序中的数据进行比较，如果超过其范围过大，则存储故障码，点亮指示灯并使控制系统进入故障模式。此时 ECU 不考虑进气压力传感器信号，而以加速踏板位置



传感器、发动要转速和飞轮传感器等的信号来控制发动机喷油量、喷油提前角等，总的来说是适当减小喷油量，把发动机最高转速限制在3500r/min，以保护发动机安全运行，所以发动机功率有明显下降。这就印证了发动机转速在3400r/min左右、车速95km/h时有矬车感的现象。而当故障指示灯一熄灭，发动机控制又从故障安全模式转为正式控制模式，发动机动力性能又恢复正常。

故障码提示是进气压力传感器输出电压高，造成这一信号电压高的原因有：

① 进气压力传感器信号线与5V或12V电压线短路。

② 进气压力传感器损坏，产生了过高的信号电压。

③ 涡轮增压进气系统增压压力过高，导致进气压力传感器输出信号电压过高。

④ 发动机ECU损坏，导致进气压力传感器输入信号即使正常，ECU也会认为不正常。

以上4条原因中，原因③最好检查，因为依维柯自诊断系统有丰富的数据流可读。原因①和②所指的进气压力传感器也较好检查。而原因“④发动机ECU损坏”可能性最小，而且除了换件对比外没有其他方法检查。所以决定最后检查。

（1）读取数据流

在故障指示灯亮时，读得的主要数据流见表8-9。

表8-9　数据流

发动机转速/(r/min)	3425
空气流量/mg	799.5
增压压力/kPa	200
当前喷油量/mg/st	12.223

在故障指示灯未亮时，读得的主要数据流见表8-10。

表8-10　数据流

发动机转速/(r/min)	3385
空气流量/mg	1805.5
增压压力/kPa	193.8
当前喷油量/mg/st	18.09

（2）读取正常车数据流（取平均值作参考）见表8-11。

表8-11　正常车数据流（取平均值作参考）

发动机转速/(r/min)	3417	3387（平均值）
空气流量/mg	1137.5	1129.5（平均值）
增压压力/kPa	168.6	167.2（平均值）
当前喷油量/mg/st	15.78	15.39（平均值）

（3）比较数据流

比较数据流后不难发现，故障车不仅在点亮故障灯时的增压压力比正常车明显偏高，而且在未点亮故障灯时的增压压力比正常车也明显偏高。在点亮故障灯时的当前喷油量比正常

车要低。

分析认为本车故障直接原因是：涡轮增压进气系统增压压力过高，导致进气压力传感器输出信号电压这高。而导致涡轮增压进气系统增压压力过高的原因有：

① 涡轮增压进气系统废气旁通阀工作不正常。

② 排气系统有堵塞。

由于本车在故障灯未亮时动力充足，只是一亮故障灯就动力不足，可以读到故障灯主亮时喷油量明显减少。这说明是发动机控制系统在执行故障保护模式。所以，不可能是排气系统有堵塞，因为如果排气系统有堵塞不可能在 3385r/min 时还动力充足，而到 3425r/min 时动力锐减。所以只有可能是涡轮增压进气系统废气旁通阀工作不正常。

检查涡轮增压器废气旁通阀。在发动机转速大于 2000r/min 时，进行急加速和急减速，发现废气旁通阀操纵拉杆时动时不动，而正常车是会动的。仔细听，还听到了漏气声。先拆下废气旁通阀软管，管中有气冒出，且软管无破裂或漏气。于是拆下废气旁通阀用压缩空气测试，发现膜片有漏气。

更换故障件再次试车。更换废气旁通阀，用元征 X－431 诊断仪清码后再次试车，车速可升至 120km/h，且加速灵敏，同时也不再出现故障码，阅读数据流也正常。故障排除。


维修小结

这是一起有故障码，却并非故障码元件所引起的故障。综观全部排除过程，整个柴油机电控喷射系统都正常，却是由于进气增压控制装置损坏所致的。因此在遇到有故障码的故障排除时，不能只盯着电控元件，而应全面分析、推理故障产生的原因，才能迅速、准确地排除故障。

464 瑞风 HFC6500 商务柴油车行驶中发动机熄火，同时故障灯点亮；熄火后可以重新起动，起动后车辆行驶正常。怎么办？

故障现象：一辆 HFC6500 瑞风商务柴油车，装备国产 HFC4DA1-2B1 高压共轨柴油发动机，采用博世 EDC16 控制系统。该车行驶中出现熄火，同时故障灯点亮；熄火后可以重新起动，起动后车辆行驶正常。同时反映发动机动力有些下降。

故障诊断与排除：接车后，将点火开关置于 ON 档，发动机故障灯点亮后自动熄灭，对发动机控制系统自诊断正常。起动发动机，故障警告灯没有点亮，用诊断仪进入发动机系统查询没有当前故障码，记忆历史故障码 3 个：P0087——燃油压力低于最小限值；P1011——轨压控制器正偏，高于上限差，超过上限；P1012——轨压控制器正偏，高于上限差，严重超过上限。

清除故障码后系统显示正常，原地发动机加速可达到 3800r/min（额定转速 3600r/min）。该故障发生次数不是很多，一般在发动机高速和负荷大时出现。于是拔掉诊断仪插头路试验证，但刚起步发动机突然熄火，再次起动怎么也打不着。用诊断仪进入系统发现新的故障码：U0167——防盗控制器单元没有通信。当读取防盗控制器显示 EEPROM/ICM 通信超时故障。清除故障码仍不能起动，反复三、四次也没有起动成功。试着再起动，发动机又起动了。



带着疑问试车，行驶近20km没有发现问题，返回途中驾驶人提出自己驾驶车辆，观察驾驶人驾驶技术非常专业，加速快，在一个拐弯后急加速时驾驶人说故障出现了，果然发动机熄火了。靠边停车用诊断仪检查发现前述三个故障码，起动却正常。再次试车仔细查看轨压设定值和实际值，急加速出现故障的瞬间轨压偏差达到2MPa，紧接着发动机熄火。根据故障码及路试故障现象，分析故障原因：

① 轨压传感器信号异常或连接线束虚接导致发动机熄火。

② 燃油计量单元（IMV）控制线路虚接或损坏。

③ 燃油系统堵塞导致燃油压力控制出现错误造成熄火。

1）该车轨压传感器作用是测量共轨的燃油压力，用以燃油压力闭环控制，并进行喷射控制。当轨压传感器出现故障或线束连接出现虚接时，会记忆故障码，并导致发动机熄火。检查时可用数据流检测，将发动机点火开关置于“ON”位置，发动机不运转，检测轨压漂移如图8-26所示。由于此时轨压应为0，检测此值与标准值比较，若差值过大则认为检测到故障。进入数据流检测发动机不起动时的轨压实际值为0。起动发动机后检查数据流，轨压设定值与实际轨压值分别为48.6MPa和48.3MPa，由此排除轨压传感器和线束连接问题。

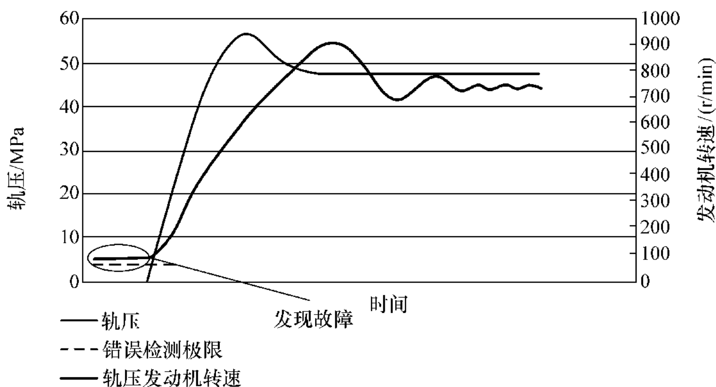


图8-26　轨压传感器到漂移检测

2）燃油计量单元（IMV）是控制由低压输油泵进入高压燃油泵低压腔的燃油量，也是燃油压力闭环控制的主要因素。发动机控制单元在工作时输出高的占空比信号使进入高压油泵的燃油量增加，并在此时检测轨压传感器的压力变化。进入数据流检测发动机运行的燃油计量单元（IMV）的输出占空比是变化的，并查看轨压实际值，确认燃油计量单元（IMV）及其线束连接没有问题。

3）ECU记忆轨压故障，对轨压传感器及燃油计量单元（IMV）检测没发现问题，于是对燃油系统堵塞进行排查：

① 对油水分离器的出油管放油。

② 对连接喷油泵的回油管进行放油，按动手油泵的进油管进行放油，按动手油泵检查流量正常。

③ 对连接喷油泵的进油管进行放油，按动手油泵检查，燃油不能随着手油泵的下压而很快出油，由此判断此段管路存在问题。

使用高压气枪进行吹气检测，管路内冲出一个白色异物，因气压高，异物冲出速度快，地面杂物多，没有找到吹出的是什么。鉴于此情况，将所有低压燃油管路和燃油箱进行清洗，发现此车油箱内燃油浑浊，并含有水分。清洗油箱和管路后更换燃油和燃油滤清器，装复后试车，发动机空车加速可以达到4000r/min运行正常。路试发动机加速良好。由驾驶人

连续行驶近 100km 也未出现自动熄火现象，发动机故障灯也没有点亮。确定自动熄火故障原因：燃油不清洁引起燃油管路堵塞所致。

4）再次用诊断仪进入系统读取故障码，系统显示正常。路试时进入数据流检查系统轨压设定值与系统实际轨压值基本没有偏差。满足系统要求，确认故障排除。但还有故障码 U0167 没有办法清除，因为此车没有发动机防盗系统，查看其他数据流项目也没有发现异常。于是拔掉诊断仪，准备交车，但不到两分钟，发动机却自动熄火。不能立即起动，等待 5min 后发动机又能起动，一切正常。用诊断仪进入系统又发现 U0167 故障，难道此故障与诊断仪有关系？于是清除故障码后再次拔掉诊断仪，不一会发动机果然自动熄火。再次起动后，发现果然存在 U0167 故障码。看来此故障码是由于诊断仪与系统的通信有关系，刚才是在诊断仪与发动机控制单元通信中拔的连接器，不是正常的系统退出。于是试着先关闭诊断仪再将插头拔掉，发动机没有再熄火。U0167 故障码是由于不正常的关闭诊断仪引起。


维修小结

该车故障的原因是因为油路堵塞引起的，油路堵塞显然是加注的燃油含有杂质造成，不按规定进行保养更换燃油滤清器也是故障原因之一。虽然现在的柴油机是高压共轨喷射发动机，但对于柴油机故障也应该从基本做起，检查油路的畅通性和燃油的清洁。

465 北京 BJ493ZQ3-12Ke 柴油车加速无力，踩加速踏板不起作用，车辆只能开到 30km/h 怎么办？

故障现象：北京 BJ493ZQ3-12Ke 柴油车，行驶一段路程后车辆提不起速，加速无力，踏加速踏板不起作用，车辆只能开到 30km/h。

故障诊断与排除：首先接入 K81 故障诊断仪，着机后怠速状态下故障码显示 P0704（1 个故障码），该故障码表示：离合器非脉冲信号；后经接入 K81 诊断仪随车进行路试，发现行驶一段时间后，通过故障诊断仪数据流显示，柴油机冷动液温度达到 105℃以上时，故障现象再次出现。分析认为，此时 ECU 过热保护功能起动，限制柴油机转速和车速。但车内仪表灯在这么高的温度下仍显示正常，用户未发现冷却液温度高现象，判断冷却液温度传感器已失效。

根据以上现象，查看散热器发现缺水，加水后原地怠速检查，发现散热器液面不断下降，起动时冒白烟，热车后无白烟，但排气管水蒸气较大，最后检查确认为 EGR 冷却器内漏引起故障。

更换 EGR 冷却器、仪表冷却液温度传感器后故障排除。


维修小结

① 借助故障诊断仪进行故障诊断是国Ⅲ柴油机维修必不可少的关键环节。

② 当故障现象不能再现时，利用故障诊断仪读取各传感器的数据流是找出故障点的有效途径之一。



466. 奥铃汽车行驶中突然熄火后，发动机不着车怎么办?

故障现象：一辆奥铃 BJ5089VBCFG-SD 柴油汽车，装备 CA4DF3-14E3 发动。该车行驶中突然熄火后，柴油机不着车。

故障诊断与排除：打开点火开关，柴油机故障灯不亮，说明电控系统线路有故障。用手油泵泵油很费劲，说明柴油机低压油路正常。

根据仪表柴油机故障指示灯不亮及汽车在打开点火开关时柴油机 ECU 没有工作的声音，初步判断柴油机 ECU 没有获得工作电源。

于是打开蓄电池旁边主继电器盒，用万用表测量内部熔丝没有断路现象，拔下 ECU 主继电器检查主继电器没有断路现象。维修人员打算拆下主继电器盒检查线束到 ECU 之间线路通断情况，在拆下主继电器盒后发现一根线束插头松脱，此插头正是 ECU 主继电器电源线插头。重新修复 ECU 主继电器插头后故障排除。



维修小结

电控系统故障的发生可能是油路与电路故障同时发生，也可能是机械故障及电路综合原因造成的。因此在日常维修电控系统过程中不但要熟悉仪器的使用，对电控系统熟悉掌握，更要掌握汽车基础知识（包括油路、电路、机械、结构及原理等）。

467. BJ1027V2MD5-S2 汽车发动机运转无力，冒黑烟怎么办?

故障现象：一辆车型为 BJ1027V2MD5-S2 的汽车，装备 BJ493ZQ3 国Ⅲ柴油机。该车发动机无力，冒黑烟。

故障诊断与排除：打开点火开关，柴油机故障灯不亮，说明电控系统无故障，用诊断仪读数据流，显示系统正常。首先想到柴油机冒黑烟、无力，可能是进气系统不畅或燃油滤清器有杂质物阻塞所致，清理进气道及燃油滤清器顺畅无异物，燃油正常。经检查，发现进气歧管积炭较多、EGR 阀门关闭。

清理积炭后情况好转，但未完全排除，依次更换 EGR 阀、冷却液温度传感器后故障排除。



维修小结

该车故障是由 EGR 阀活门推杆发卡，引起冷却液温度传感器处于间歇性故障（时好时坏状态），即机械故障与电路故障并存居多，因而在日常维修工作中，不仅要熟练掌握基本的汽车基础知识，而且还必须掌握电控系统各元件的功用原理和工况状态，为准确分析判断排除故障打基础。

468 长城哈弗 CUV 汽车怠速运转时排烟为灰白色；均匀加速，排气管冒黑烟；突然加速，黑烟滚滚。怎么办?

故障现象：一辆长城哈弗 CUV 汽车，装备 GW2.8TC 型增压共轨柴油机、5 速手动变速器。该车柴油机能顺利起动，怠速平稳，加速有力。但是，怠速运转时排烟为灰白色；均匀加速，排气管冒黑烟；突然加速，黑烟滚滚。

故障诊断与排除：该柴油机为电控共轨燃油喷射系统，如图 8-27 所示。

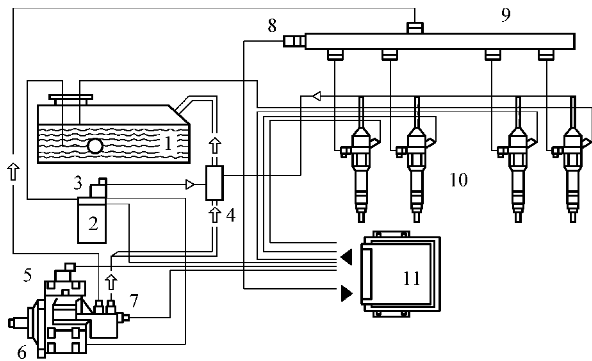


图 8-27　GW2. 8TC 共轨柴油机燃油系统

1—燃油箱　2—燃油滤清器　3—回油阀　4—回油三通　5—高压泵进油计量比例电磁阀　6—CPIH 高压油泵　7—输油泵　8—共轨压力传感器　9—高压共轨　10—喷油器　11—EDC16C39 电控单元

该柴油机的供油量、供油提前角及供油规律，均主要由 ECU 根据加速踏板位置传感器、柴油机转速传感器、空气流量计及冷却液温度传感器等输出的参数通过喷油器上的电磁阀控制。喷油压力由 ECU 根据工况的需要，通过高压油泵进油计量比例电磁阀进行控制。

使用专用的元征 X431 故障诊断仪，打开点火开关，进入柴油机诊断功能，读取故障码，无故障码输出；起动后，柴油机怠速运转待冷却液温度上升后，读取柴油机系统的数据流（共 40 个），部分数据流见表 8-12。

分析数据流，未发现明显异常的数据。用故障诊断仪的“柴油机测试”功能，采用逐缸断油，来判断各缸是否工作正常，测试结果说明柴油机的 4 个气缸怠速良好。

表 8-12　GW2. 8TC 柴油机（部分）数据流

数据流项目	参数值	数据流项目	参数值
柴油机转速/(r/min)	799	滤波前的加速踏板度/(%)	0. 00
燃油系统轨压/MPa	31. 64	系统设定的喷油量/(cm^3/s)	9. 02
轨压设定值/MPa	30. 95	油量计单元供油设定值/(cm^3/s)	1. 64
实际轨压最大值/MPa	31. 42	轨压控制器供油预设值/(cm^3/s)	1. 11
轨压传感器输出电压值/V	1. 20	空气流量计温度信号输出的占空比/(%)	7. 06
当前系统每循环喷油量/mg	8. 63	冷却液温度传感器输出的低电压值/V	1. 30
进气系统要求的 EGR 率/(%)	60. 78	柴油机冷却液温度/℃	63. 86
加速踏板 1 电位计电压/V	0. 80	蓄电池电压/V	14. 47
加速踏板 2 电位计电压/V	0. 39	油量计量比例电磁阀输出的占空比/(%)	20. 17

根据该车柴油机冒黑烟等现象，经分析认为，故障在加速踏板位置传感器、冷却液温度传感器、喷油器、EGR 电磁阀及 EGR 阀、涡轮增压器等。

1）加速踏板位置传感器检查。连接故障诊断仪，打开点火开关，读取其数据流。加速踏板从不踩到完全踏到底的过程中，加速踏板位置传感器的 1#电位计输出电压值从 0. 8V 逐步增加到 4V，2#电位计输出电压值从 0. 4V 逐步增加到 2V，并且随着踩加速踏板位置的不



同，1#电位计输出电压值始终是 2#电位输出值的 2 倍。上述检测说明加速踏板位置传感器性能良好。

2）冷却液温度传感器检查。关闭点火开关，拆下冷却液温度传感器，测量线束侧插头电压为 5V；加热冷却液温度传感器，测量其电阻值的变化，在 20℃时电阻值为 2530Ω，在 100℃时电阻值为 180Ω。各测量值都在正常范围内。

3）涡轮增压器检查。该柴油机采用了废气涡轮增压装置（增压器为三菱 TF035HM 型、最高转速 180000r/min、最高增压比为 2），由机械式的排气放气阀控制增压压力。检查增压器的涡轮、压气机及润滑部分，未发现异常；用手动真空泵检查排气放气阀，动作良好。

4）EGR 电磁阀及 EGR 阀检查。EGR 电磁阀有两个接线端子，由 ECU 控制，测量其电阻值，正常；拆下 EGR，发现阀门处有积炭，但关闭良好。用化油器清洗剂清洗了 EGR 阀，EGR 电磁阀及 EGR 阀应该无故障。

5）喷油器检查。喷油器为博世 CRIP2 型，喷油器规格为 6 ×0. 137，电磁阀灵敏度为 0. 2ms。拔下主继电器柴油机起动后，待柴油机自然熄火（卸压），关闭点火开关，拔下喷油器插头，测量各喷油器线圈的阻值为 0. 07Ω 左右，供电电压为 12. 4V，正常；拆下高压油管、喷油器，发现喷油器喷油嘴积炭严重；分解喷油器下体，用化油器清洗剂检查发现所有喷油器的喷孔均未堵塞。考虑到喷油嘴积炭严重，用柴油机专用的超声波清洗剂清洗了所有喷油器（注意：若更换新的喷油器，必须用故障诊断仪进行“匹配”，并输入新的喷油器的代号）。

检查至此，未能发现故障原因。将相关部件重新装配好后，起动柴油机，故障依旧。询问驾驶人得知该车始终在某个加油站加 0#柴油，从未在小的加油站加油。从燃油滤清器通往油箱的油管，放出约 500mL 的柴油，肉眼观察未发现问题。无奈之下，决定更换另一个品牌的 0#柴油试试。将原油箱的燃油全部放出，加入 10L 另一个品牌的 0#柴油，用手油泵放气后，起动柴油机，怠速运转约 5min 后，突然踩加速踏板。柴油机排烟居然恢复正常，故障排除。



维修小结

因燃油质量不好而导致 GW2. STC 型增压共轨柴油机冒黑烟的故障很多，因此，维修此类故障时，请注意燃油品质，以免走弯路。

第九章 电控柴油发动机的电路图与识读

一、柴油发动机电控系统电路图的识读

469. 怎样识读柴油机电控系统电路图?

柴油机电控系统的发展经历了位置控制式、时间控制式、时间—压力控制式（高压共轨式）三代，现以时间控制式（第二代）和时间—压力控制式（第三代）为例，介绍柴油机电控系统电路图的识读方法。

470. 怎样识读时间控制式电控柴油喷射系统电路?

时间控制式电控柴油喷射系统，根据产生高压的装置不同，又分为分配泵、直列泵、单体泵和泵喷嘴电控燃油喷射系统。

现以采用德尔福电控单体泵系统的玉柴 YC6G240-30 发动机电控单元电路（如图 9-1 所示）为例，介绍时间控制式电控柴油喷射系统电路图的识读方法。

玉柴 YC6G240-30 电控柴油机喷射系统主要由传感器、开关、ECU（计算机）和执行器等部分组成。

德尔福单体泵控制系统 ECU 可用 12V 的 24V 供电。ECU 采用 PowerPC 微处理器、橡胶绝缘隔垫、可以驱动单阀的燃油喷射系统、国际先进的 CAN 现场总线通信技术、可选择的燃油冷却功能，内置大气压力和 ECU 温度传感器。

471. 怎样识读传感器电路?

（1）转速传感器/曲轴位置传感器

发动机转速传感器检测发动机转速信号。曲轴位置传感器安装在飞轮壳上，检测活塞上止点及曲轴转角。发动机机转速传感器/曲轴位置传感器用于喷油时刻和喷油量计算、转速计算，同时在凸轮轴传感器失效后可执行失效安全策略。在图 9-1 中，ECU 的 J1-49、J1-50 端子外接转速传感器。

（2）凸轮轴位置传感器

凸轮轴位置传感器安装在齿轮室上，其作用是判断柴油机运行的相位角度（也称判缸），同时在曲轴位置传感器失效后可执行失效安全策略。在图 9-1 中，ECU 的 J1-53、J1-54 端子外接凸轮轴位置传感器。

（3）增压压力传感器（MAP）

增压压力传感器安装在进气管上。其作用是测量增压压力，与进气温度一道计算空气密度和喷油量，用于瞬态工况时的冒烟控制。在图 9-1 中，ECU 的 J1-28 端子输出 5V 电压给增压压力传感器；J1-27 是接地端子；J1-30 是传感器信号输入端子。

（4）进气温度传感器

进气温度传感器安装在进气管上，其作用是测量进气温度，与进气压力一道计算空气密度和喷油量，同时还用于修正喷油提前角，同时在进气温度过高时起动保护。在图 9-1 中，



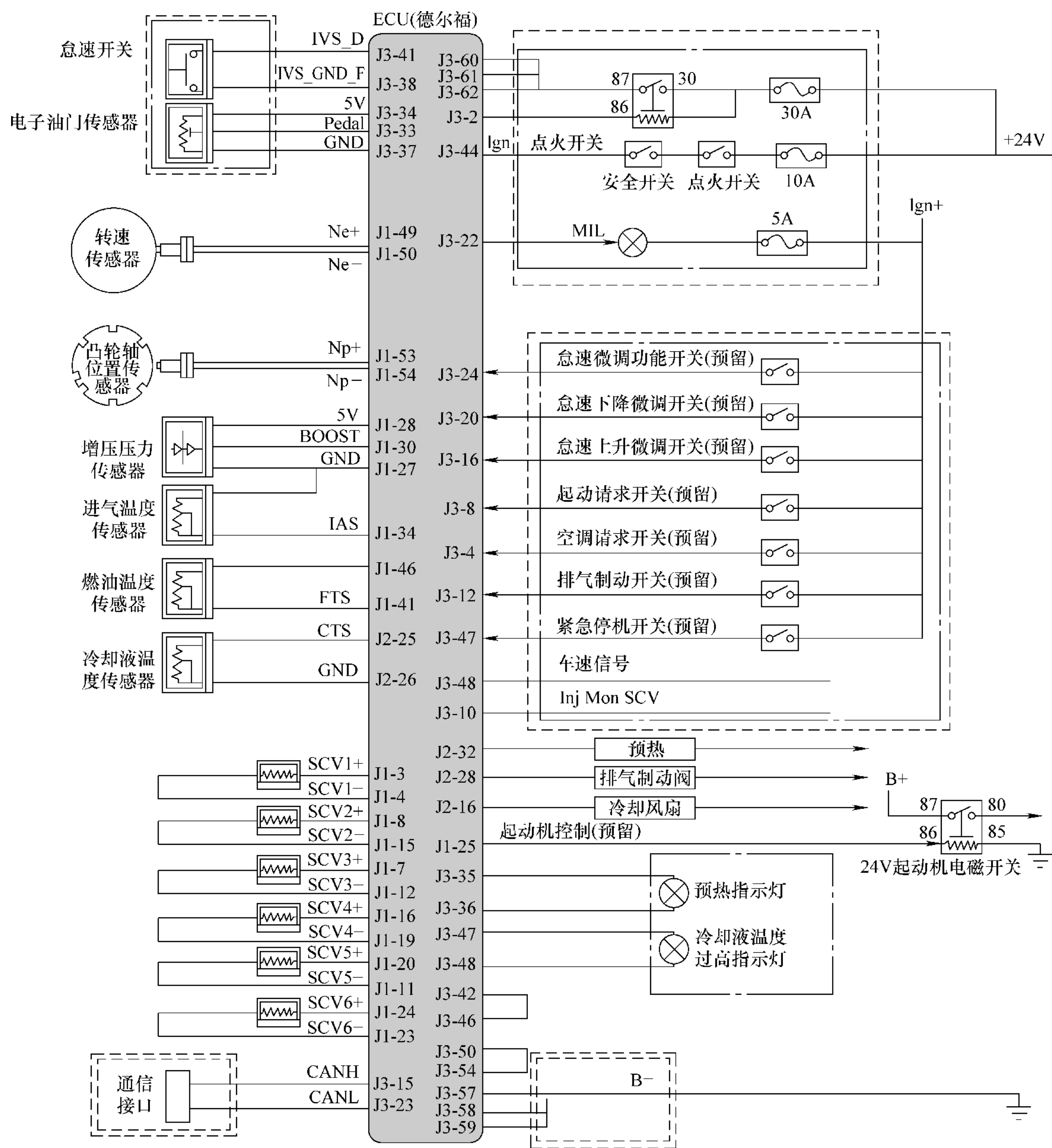


图 9-1　玉柴电控柴油发动机 ECU 电路

ECU 的 J1-34、J1-27 端子外接进气温度传感器，其中 ECU 的 J1-34 是传感器信号输入端子，J1-27 是接地端子。

（5）冷却液温度传感器

冷却液温度传感器安装在节气座上，其作用是测量冷却液温度，用于冷起动、目标怠速计算等，同时还用于修正喷油提前角、最大功率保护等，同时在冷却液温度过高时起动保护。在图 9-1 中，ECU 的 J2-25、J2-26 端子外接冷却液温度传感器，其中 ECU 的 J2-25 是传感器信号输入端子，J2-26 是接地端子。

（6）燃油温度传感器

燃油温度传感器安装在单体泵室上，其作用是根据燃油密度计算喷油量和所需的喷油脉宽，同时在燃油温度过高时起动保护。在图 9-1 中，ECU 的 J1-46、J1-41 端子外接燃油温度传感器，其中 ECU 的 J1-41 是传感器信号输入端子，J1-46 是接地端子。

（7）电子油门传感器

电子油门传感器安装在加速踏板上，其作用是采集驾驶人意图，通过模拟信号发给 ECU。在图 9-1 中，ECU 的 J3-38、J3-41 端子外接怠速开关；J3-34 为电子油门传感器 5V 供电输出，J3-33 为电子油门传感器信号输入端子，J3-37 为接地端子。

（8）大气压力传感器

内置在控制器 ECU。

（9）环境温度传感器

内置在控制器 ECU。

472. 怎样识读执行器电路？

玉柴 YC6G240-30 型电控柴油喷射系统的执行器有单体泵电磁阀（6 个）、排气制动阀、风扇控制、冷却液温度过高指示灯、故障指示灯等。

（1）单体泵电磁阀

ECU 的 J1-3 端子、J1-4 端子外接单体泵电磁阀 1；ECU 的 J1-8 端子、J1-15 端子外接单体泵电磁阀 2；ECU 的 J1-7 端子、J1-12 端子外接单体泵电磁阀 3；ECU 的 J1-16 端子、J1-19 端子外接单体泵电磁阀 4；ECU 的 J1-20 端子、J1-11 端子外接单体泵电磁阀 5；ECU 的 J1-24 端子、J1-23 端子外接单体泵电磁阀 6。

（2）排气制动阀

ECU 的 J2-28 端子外接排气制动阀。

（3）风扇控制

ECU 的 J2-16 端子外接冷却风扇，控制冷却风扇的运行。

（4）冷却液温度过高指示灯

ECU 的 J3-47、J3-48 端子外接冷却液温度过高指示灯，控制冷却液温度过高指示灯的亮灭。

（5）故障指示灯

ECU 的 J3-22 端子外接故障指示灯，从点火开关来的蓄电池电压→经 5A 熔丝→故障指示灯→ECU 的 J3-22 端子。当发动机出现故障时，ECU 的 J3-22 端子输出低电压信号，故障指示灯亮起。

（6）CAN 通信总线

ECU 的 J3-15、J3-23 端子外接 CAN 通信接口，其中 J3-15 接 CAN 高总线，J3-23 接 CAN 低总线。

473. 怎样识读高压共轨式电控柴油喷射系统电路？

现以德国博世公司的高压共轨电控柴油喷射系统为例，介绍高压共轨电控柴油喷射系统的电路图的识读方法。

博世高压共轨发动机的燃油系统分为低压供油部分和高压供油部分。低压部分为高压部



分提供足够的燃油，主要部件有：油箱、燃油滤清器（包括油水分离器、手动输油泵）、低压输油管、回油管、安装于高压油泵上的齿轮式吸油泵或叶片式吸油泵；高压供油部分除产生高压燃油外，还进行燃油分配和燃油压力测量，主要零部件有：高压泵（包括流量计量阀）、高压蓄压器（轨道，包括轨压传感器）、喷油器、高压油管。

南京依维柯 SOF1M8140.43S3 高压共轨柴油机 EDC16 系统电路图，如图 9-2 所示。该控制系统主要由传感器、开关、ECU 和执行器等组成。

ECU 是 BOSCH 公司为 SOFIM 共轨发动机柴油喷射系统设计的，是一种被称为“EDC16”的电控系统，EDC16 电控单元具有控制和诊断功能，能对系统中其他零部件实行闭环控制，并对系统执行许多精密的诊断。

474. 怎样识读传感器及开关电路？

（1）曲轴转速传感器

ECU 的 A12、A21、A27 端子外接曲轴转速传感器，其中 A21 端子接曲轴位置传感器屏蔽线，曲轴位置传感器信号从 ECU 的 A12、A27 输入。曲轴转速传感器装在发动机缸体上，感应飞轮（注：飞轮上共有 58 个孔）的行程变化信号及飞轮上每两个孔之间的距离信号，这是电控中心识别活塞上止点位置的基本信号。该信号使电控中心了解发动机转速，成功实现提前预喷射，计算预喷射的时间，进行主喷射和驱动发动机转速表。

（2）凸轮轴相位传感器

ECU 的 A11、A50、A20 端子外接凸轮轴相位传感器，其中 A11 为凸轮轴（相位）传感器负极，A20 为凸轮轴（相位）传感器正极，凸轮轴传感器信号（相位）从 A50 输入 ECU。凸轮轴相位传感器安装在带轮盖罩上，传感器的安装间隙和飞轮转速传感器相同。传感器的信号使电控中心在起动的同时识别发动机的相位，清楚哪一缸喷射。

（3）冷却液温度传感器

ECU 的 A41、A58 端子外接冷却液温度传感器，其中 A41 接冷却液温度传感器负极，冷却液温度传感器信号从 ECU 的 A58 输入。冷却液温度传感器装在节温器座上，测量发动机冷却液的温度，给电控中心提供发动机冷却液温度信号。

（4）燃油温度传感器

ECU 的 A51、A52 端子外接燃油温度传感器，其中 A51 接燃油温度传感器负极，燃油温度传感器信号从 ECU 的 A52 输入。燃油温度传感器与发动机水温传感器是同一类零件。装在燃油滤清器上，测量燃油的温度，给电控中心提供柴油热态信号。

（5）空气压力与温度传感器

空气压力与温度传感器安装在电控单元的内部。根据测量到的大气压力确定海拔。其中传感器的 1 端子为接地端子，接 ECU 的 A23 端子；传感器的 2 端子输出温度信号，接 ECU 的 A53 端子；传感器的 3 端子是 5V 电源输入端子，接 ECU 的 A13 端子；传感器的 4 端子是增压空气压力信号输出（输出 0～5V 的信号），接 ECU 的 A40 端子。

（6）共轨压力传感器

共轨压力调节传感器装在“共轨”的中部，用来测量“共轨”中的燃油压力。传感器的 3 端子为供电端子，接 ECU 的 A28 端子，ECU 为传感器提供 5V 电压；传感器的 1 端子为接地端子，接 ECU 的 A8 端子；传感器的 2 端子为共轨传感器信号输出端子，接 ECU 的 A43 端子；电控单元对该传感器提供的信号进行信号反馈，控制喷油压力。



图 9-2 南京依维柯 SOF1M8140. 43S3 高压共轨柴油机 EDC16 系统电路图



（7）电子油门

电子油门为一体式结构，电子油门具有两个功能：油门位置信号和最小油门开关，使电控单元获得油门控制信号。其中电子油门的 1 端子为供电端子，由 ECU 的 K46 端子提供 5V 电压；电子油门的 2 端子也为供电端子，由 ECU 的 K45 端子提供 5V 电压；电子油门的 3 端子为接地端子，接 ECU 的 K30 端子；电子油门的 4 端子为信号输出端子，接 ECU 的 K9 端子；电子油门的 5 端子为接地端子，接 ECU 的 K8 端子；电子油门的 6 端子为信号输出端子，接 ECU 的 K31 端子。

（8）离合器开关

ECU 的 K58 端子外接离合器开关，该开关是带一个常闭触点的开关，安装在离合器踏板上，使电控中心获得离合器控制信号。

（9）制动开关

制动开关内部有常开和常闭两对触点，安装在制动踏板上，共两个，一个用于控制制动灯，另一个用于 EDC（柴油发动机控制）。两者的接线不同，其中与 ECU 的 K17 端子相连的是常开触点，控制制动灯信号的亮与灭，当踩下制动踏板时给电；与 ECU 的 K80 端子相连的是常闭触点，用于检测制动踏板的位置，不踩制动踏板时也有电。这是一种“双保险”的连接方式，可使电控中心获得可靠的制动控制信号。

475. 执行器电路有何特点？

（1）电磁喷油器

ECU 的 A16、A47 端子外接 1 缸电磁喷油器；ECU 的 A2、A31 端子外接 2 缸电磁喷油器；ECU 的 A1、A46 端子外接 3 缸电磁喷油器；ECU 的 A33、A17 端子外接 4 缸电磁喷油器。电磁喷油器是电控系统中最关键的执行元件，其构造类似传统喷油器，只有柱塞弹簧不同，并多一个电磁阀，电磁阀控制喷射器柱塞的行程。

（2）燃油压力调节电磁阀

ECU 的 A19、A49 端子外接燃油压力调节电磁阀，其中 A19 接燃油压力调节电磁阀正极，A49 端子外接燃油压力调节电磁阀负极，当 A19 输出控制信号时，燃油压力调节电磁阀闭合。燃油压力调节电磁阀装在高压油泵上，用来增加或减少燃油朝排气方向的渗漏，以控制燃油喷射压力。在没有控制信号时，电磁阀为开启状态。其控制信号来源于电控中心对燃油压力传感器输入信号的反馈。

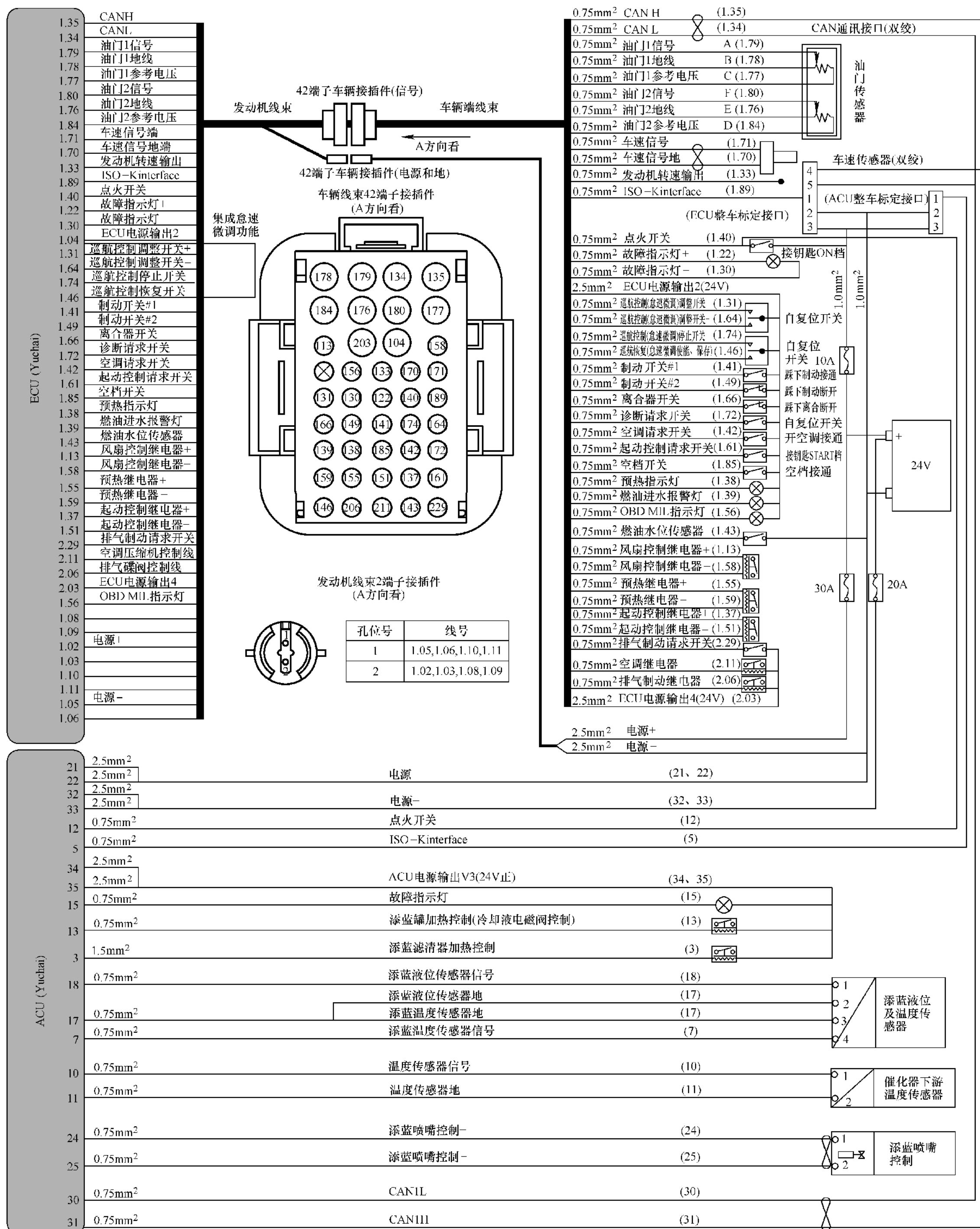
（3）电动燃油泵

ECU 的 K91 端子外接电动燃油泵，电动燃油泵装在车架上。电动燃油泵的一侧，通过一个粗滤器连通燃油箱，另一侧连通柴油滤清器。它是一种带旁通管路的、旋转式的、容积可测量的电动泵。

二、常见柴油车电控系统电路图

476. 玉柴 YC6L-40 共轨柴油机 SCR 系统电路图

玉柴 YC6L-40 共轨柴油机 SCR 系统电路图见图 9-3。

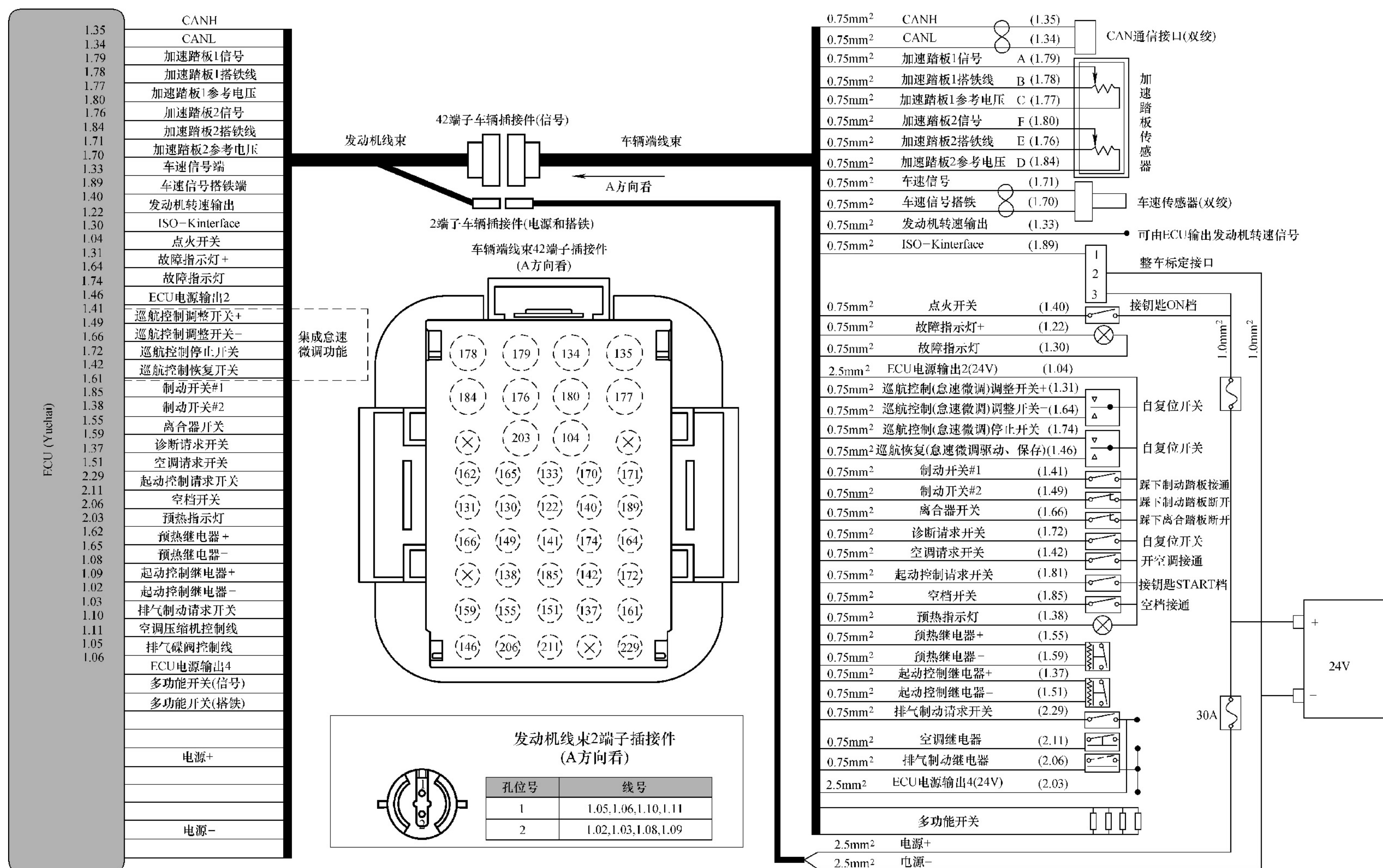


孔位号	线号
1	1.05,1.06,1.10,1.11
2	1.02,1.03,1.08,1.09

图 9-3　玉柴 YC6L-40 共轨柴油机 SCR 系统电路图

477. 玉柴博世共轨国Ⅲ柴油机车辆电路连接图

玉柴博世共轨国Ⅲ柴油机车辆电路连接图见图 9-4。



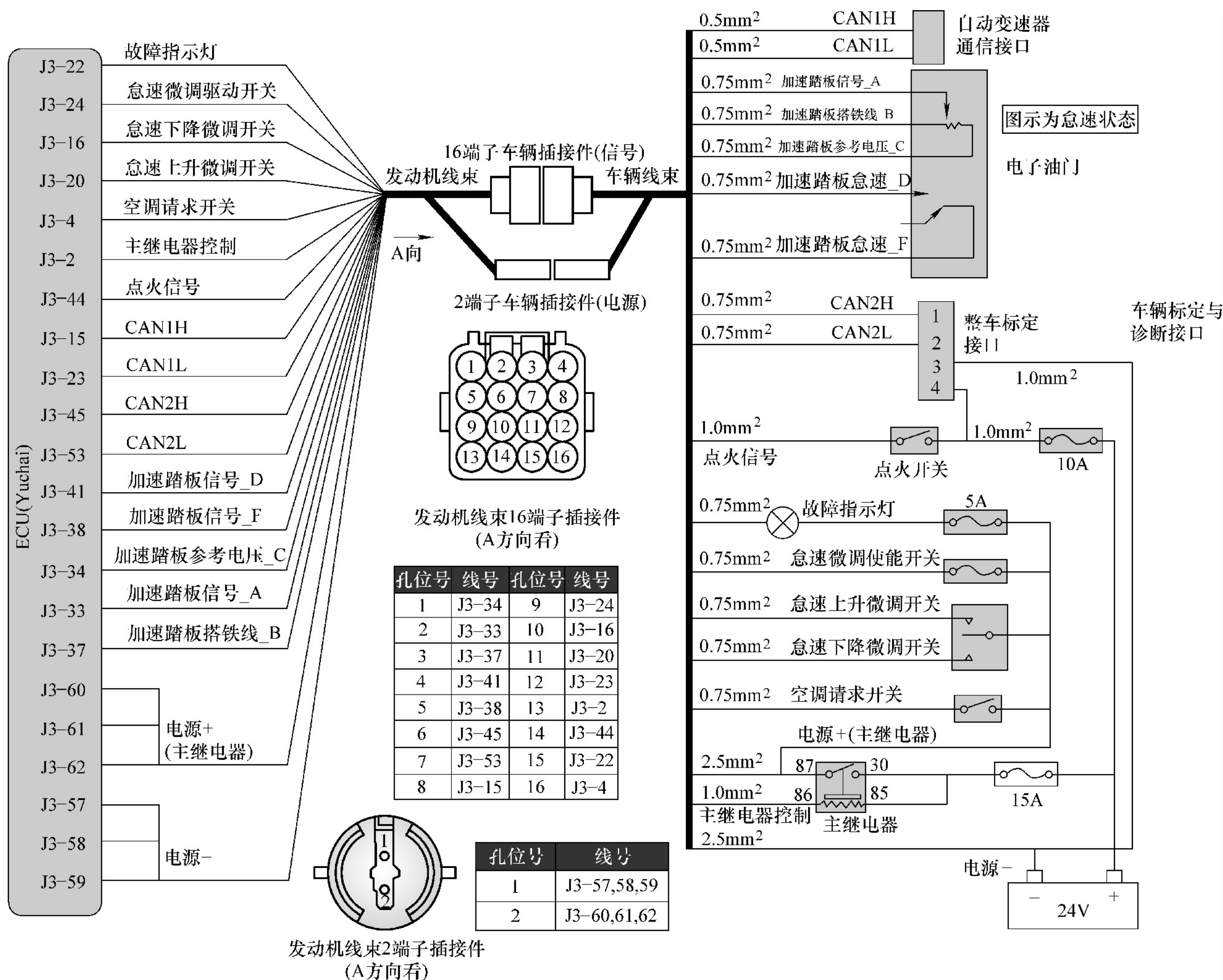
孔位号	线号
1	1.05,1.06,1.10,1.11
2	1.02,1.03,1.08,1.09

图9-4 玉柴博世共轨国Ⅲ柴油机车辆电路连接图



478 玉柴德尔福电控单体泵欧Ⅲ柴油机车辆电路连接图

玉柴德尔福电控单体泵欧Ⅲ柴油机车辆电路连接图见图9-5。



孔位号	线号	孔位号	线号
1	J3-34	9	J3-24
2	J3-33	10	J3-16
3	J3-37	11	J3-20
4	J3-41	12	J3-23
5	J3-38	13	J3-2
6	J3-45	14	J3-44
7	J3-53	15	J3-22
8	J3-15	16	J3-4

孔位号	线号
1	J3-57,58,59
2	J3-60,61,62

图9-5 玉柴德尔福电控单体泵欧Ⅲ柴油机车辆电路连接图





479. 潍柴发动机电控系统（国Ⅲ）电路图

潍柴发动机电控系统（国Ⅲ）电路图见图 9-6。

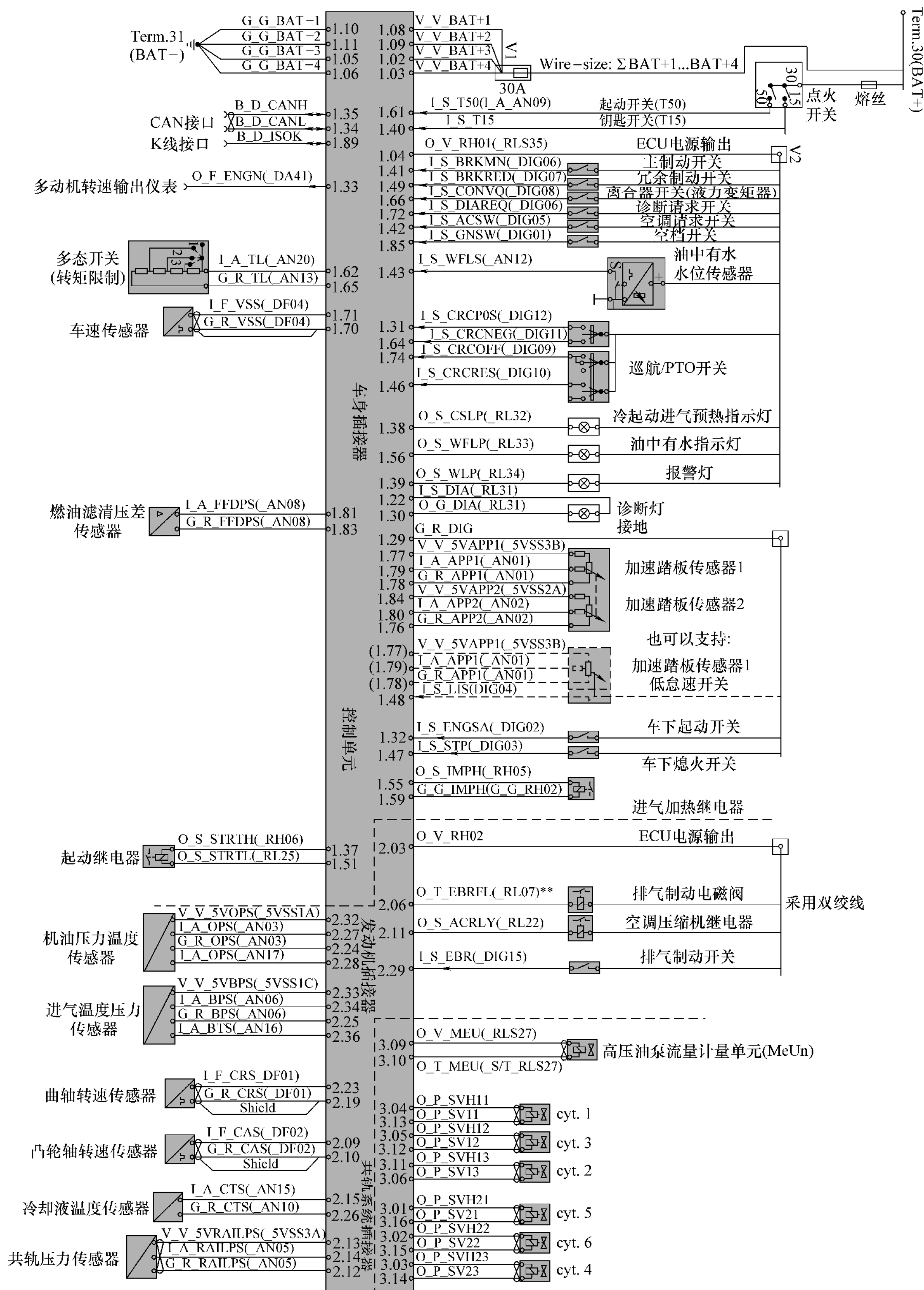


图 9-6　潍柴发动机电控系统（国Ⅲ）电路图

480. 五十铃 6WA1-TC 发动机控制系统电路图

五十铃 6WA1-TC 发动机控制系统电路图见图 9-7。

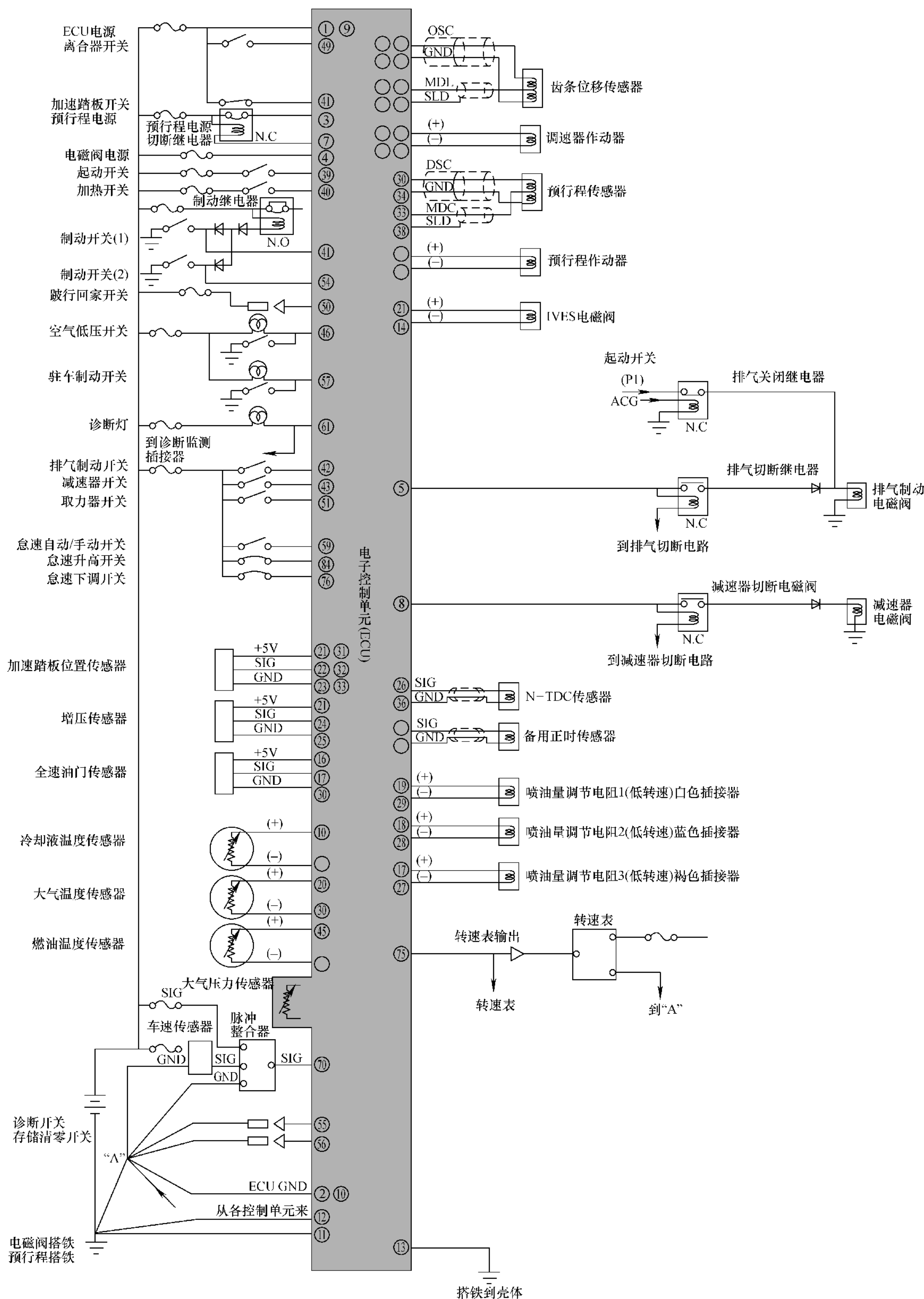


图 9-7　五十铃 6WA1-TC 发动机控制系统电路图



481. 五十铃 6WG1-TC 发动机控制系统电路图

五十铃 6WG1-TC 发动机控制系统电路图见图 9-8。

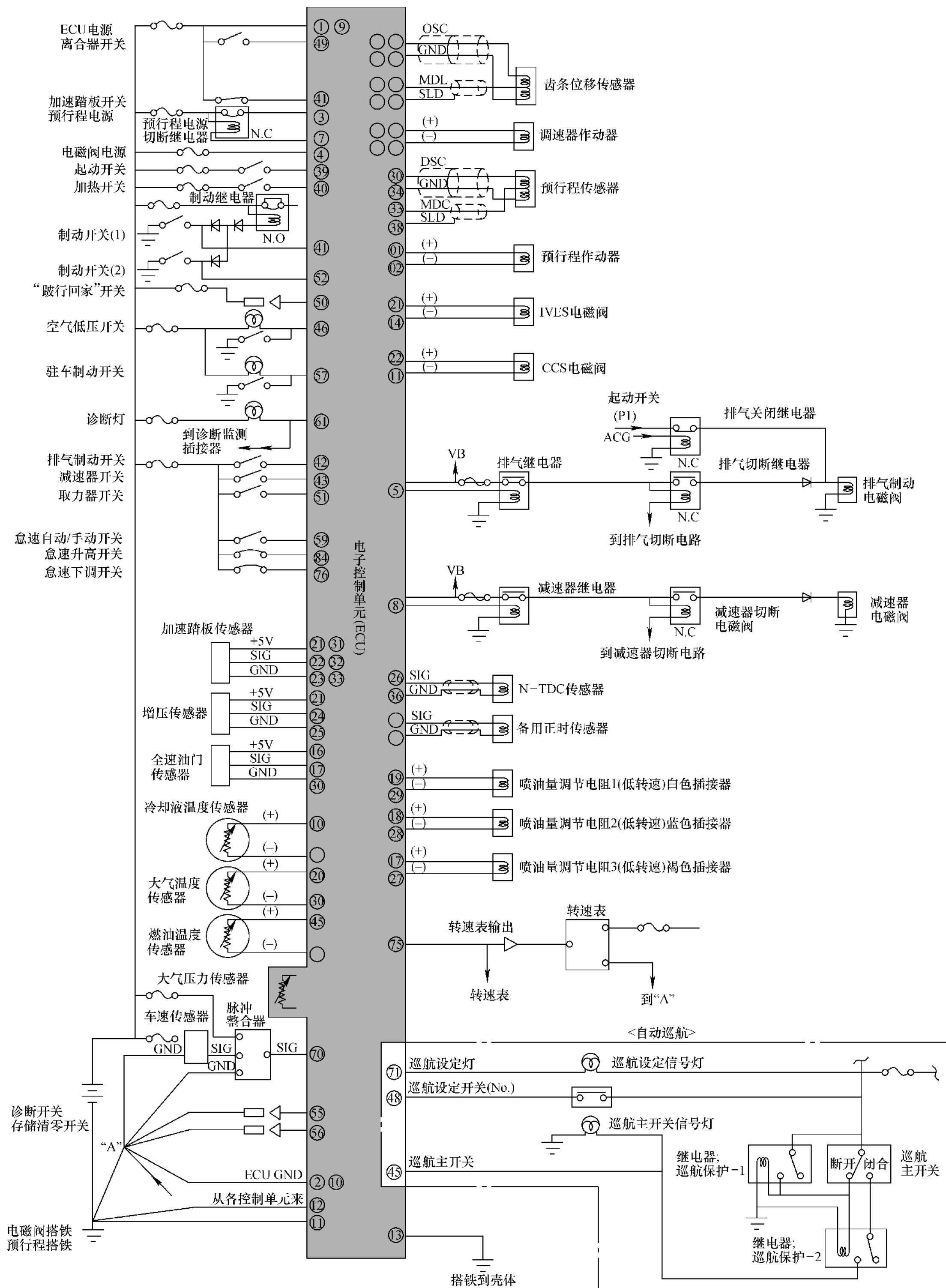


图 9-8 五十铃 6WG1-TC 发动机控制系统电路图

482. 庆龄 4KH1-TC 发动机控制系统电路图

庆龄 4KH1-TC 发动机控制系统电路图见图 9-9（见全文后插页）。

483. 江铃 N 系列 JX493ZLQ 发动机控制系统电路图

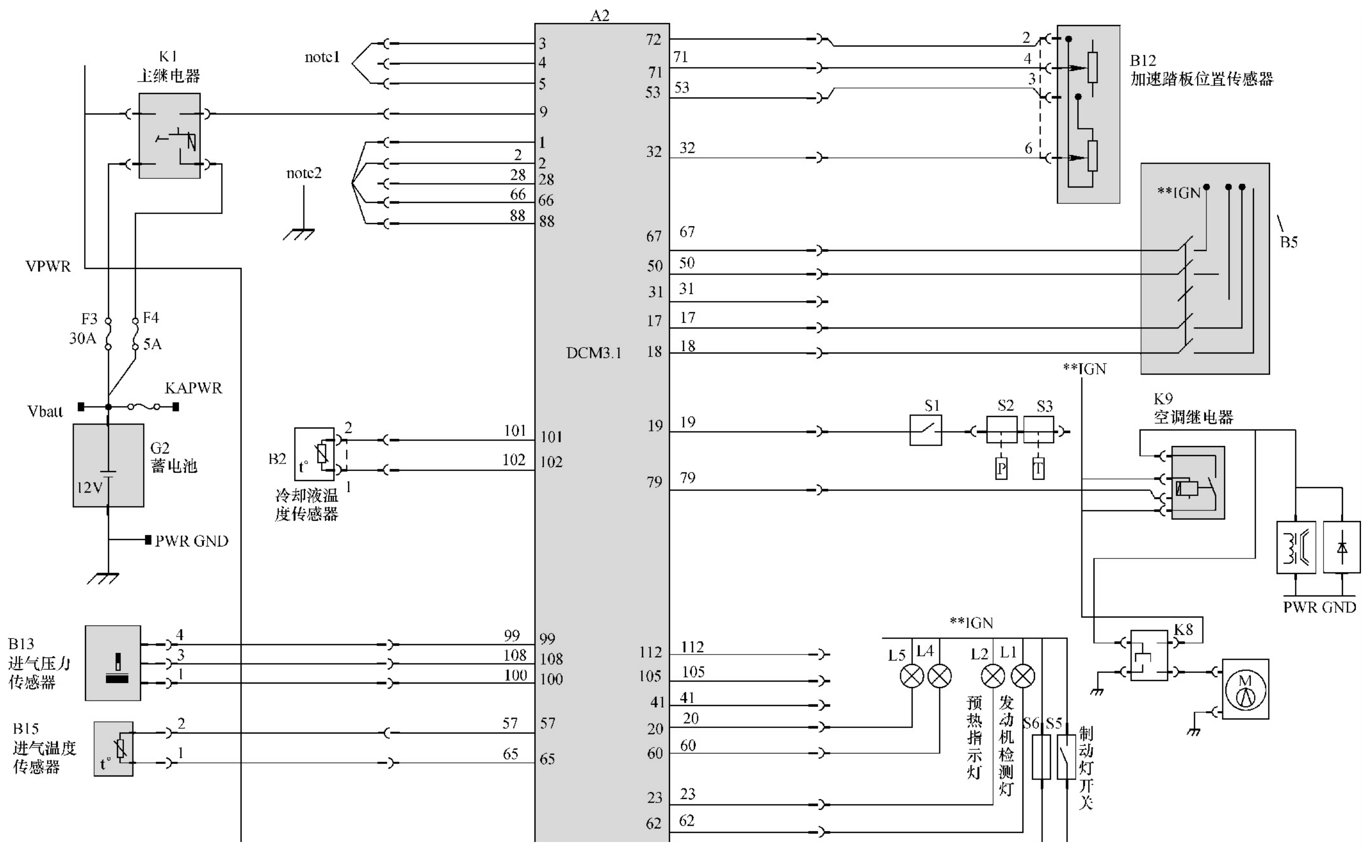
江铃 N 系列 JX493ZLQ 发动机控制系统电路图见图 9-10。

484. 江铃 T 系列欧Ⅲ发动机电路图

江铃 T 系列欧Ⅲ发动机 JX493ZQ5 电路图见图 9-11。

485. 全顺欧Ⅲ发动机电路图

全顺欧Ⅲ发动机 JX493ZLQ 电路图见图 9-12。


A2
DCM3.1
K1
主继电器
note1
note2
VPWR
F3
30A
F4
5A
KAPWR
Vbatt
G2
蓄电池
12V
PWR GND
B2
t°
冷却液温度传感器
B13
进气压力传感器
B15
进气温度传感器
B12
加速踏板位置传感器
B5
**IGN
S1
S2
S3
P
T
K9
空调继电器
K8
M
L5
L4
L2
L1
预热指示灯
发动机检测灯
S6
S5
制动灯开关





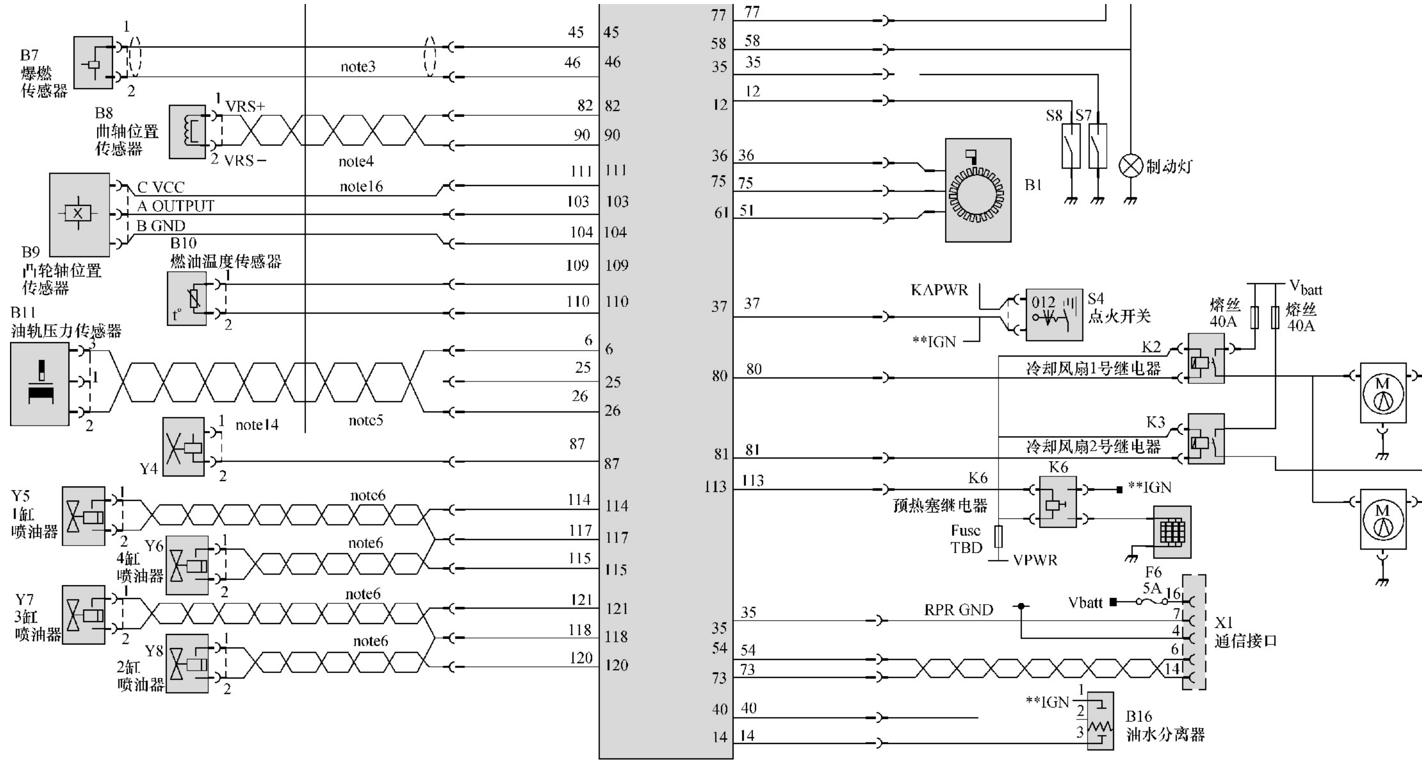


图 9-10 江铃 N 系列 JX493ZLQ 发动机控制系统电路图



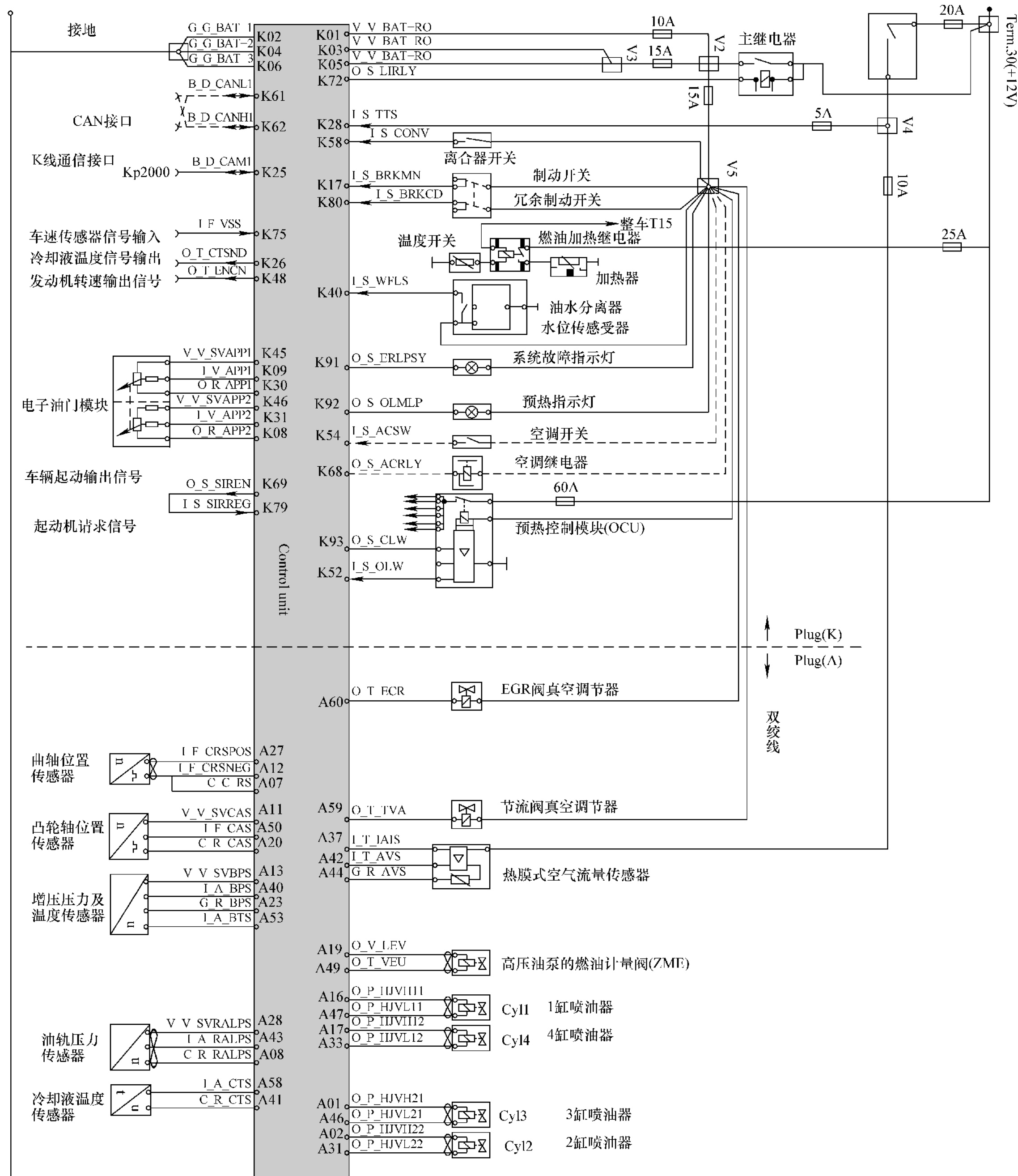


图 9-11　江铃 T 系列欧Ⅲ发动机 JX493ZQ5 电路图

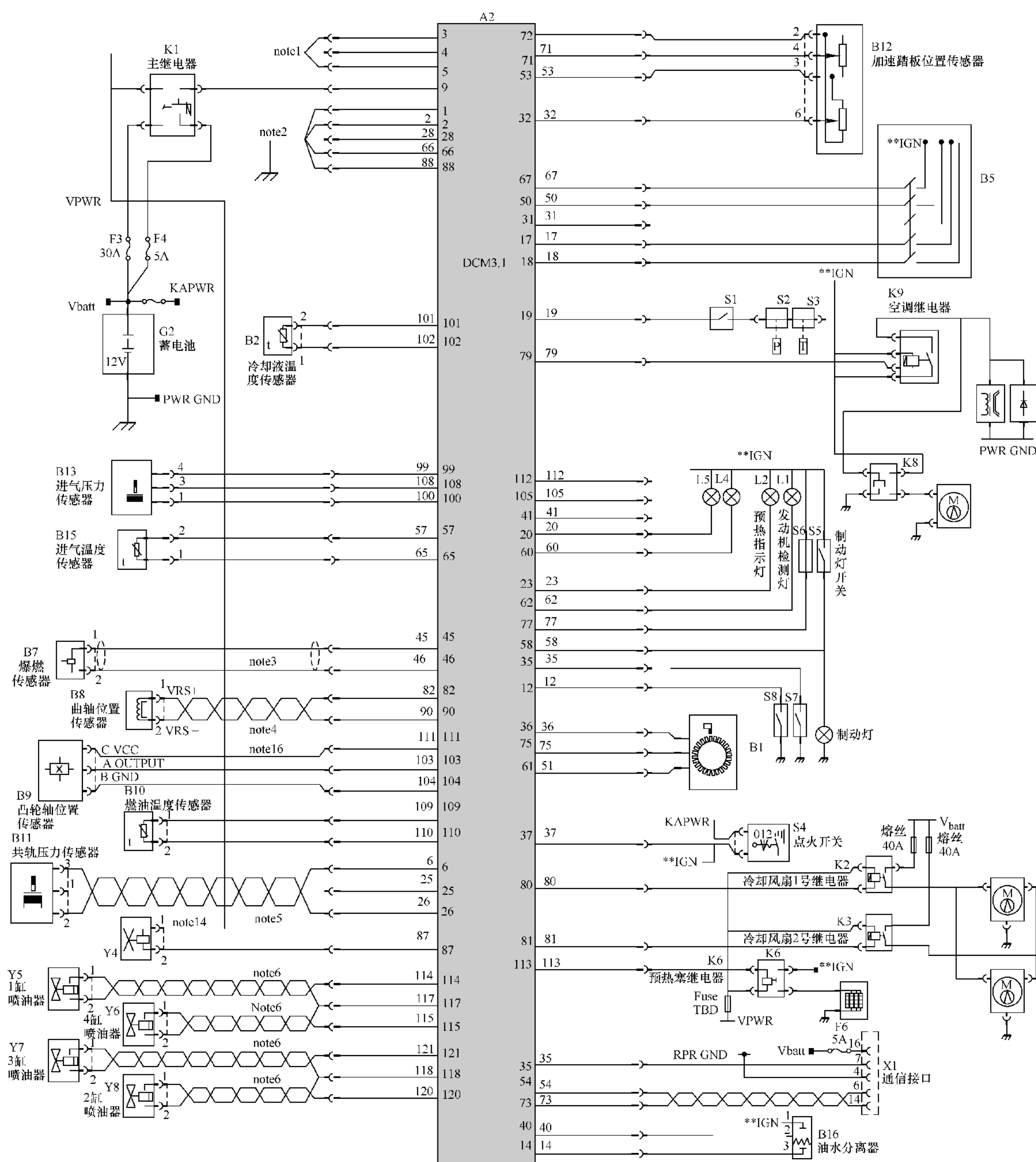


图 9-12　全顺欧Ⅲ发动机 JX493ZLQ 电路图



486. 一汽 CA6DL1-E3 电控系统原理图（国Ⅲ电装系统）

一汽 CA6DL1-E3 电控系统原理图（国Ⅲ电装系统）见图 9-13。

487. 一汽 CA6DL1-32 E3 电控系统原理图（带继电器国Ⅲ电装系统）

一汽 CA6DL1-32 E3 电控系统原理图（带继电器国Ⅲ电装系统）见图 9-14（见全文后插页）。

488. 一汽 CA6DL1-32 电控系统原理图（不带继电器国Ⅲ电装系统）

一汽 CA6DL1-32 电控系统原理图（不带继电器国Ⅲ电装系统）见图 9-15 和（见全文后插页）图 9-16。

489. 一汽 CA4DL-20E3 电控系统原理图（带继电器国Ⅲ电装系统）

一汽 CA4DL-20E3 电控系统原理图（带继电器国Ⅲ电装系统）见图 9-17（见全文后插页）和图 9-18。

490. 一汽 CA4DL-20E3 电控系统原理图（不带继电器国Ⅲ电装系统）

一汽 CA4DL-20E3 电控系统原理图（不带继电器国Ⅲ电装系统）见图 9-19 和图 9-20。



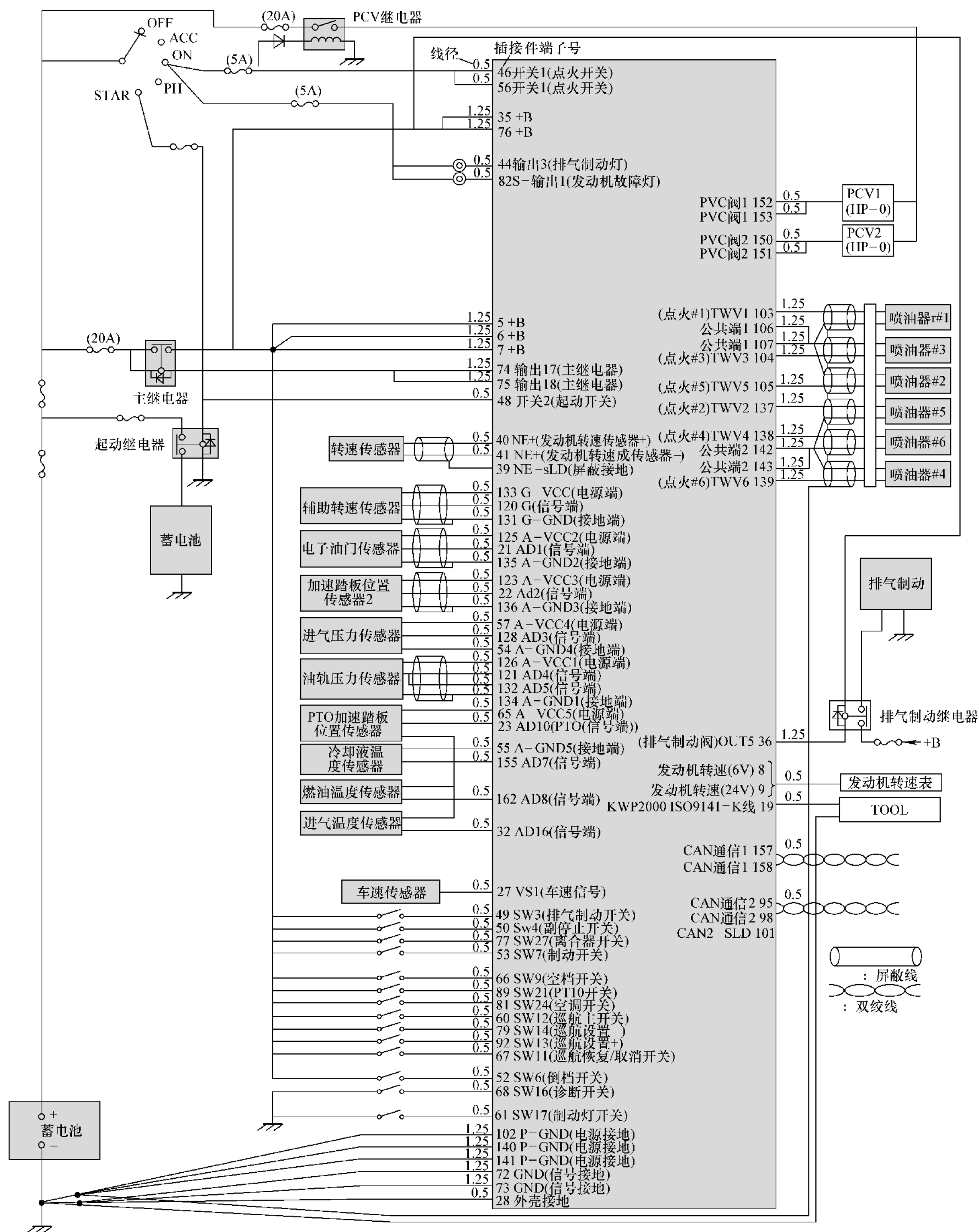


图 9-13　一汽 CA6DL1-E3 电控系统原理图（国Ⅲ电装系统）



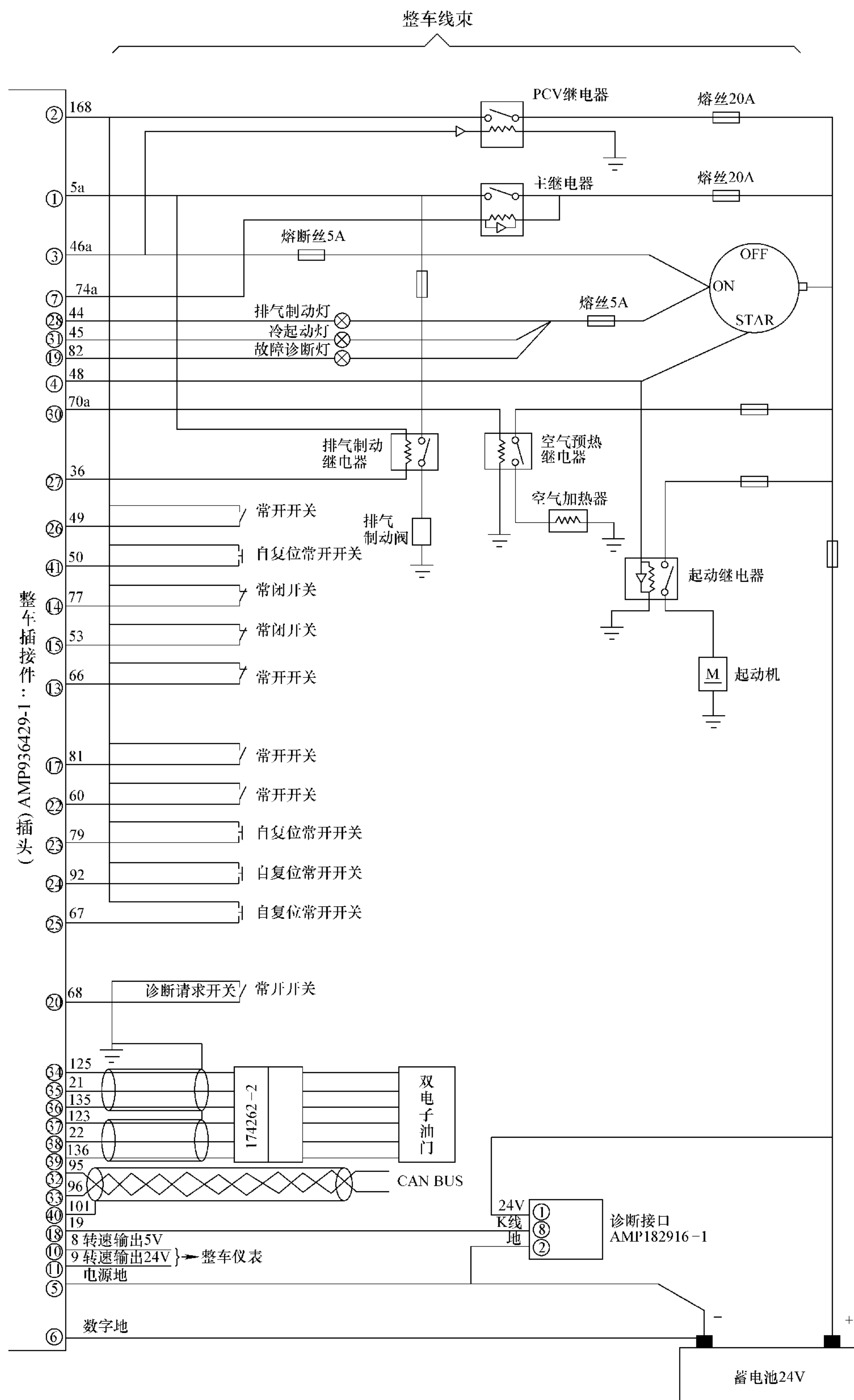


图 9-16　一汽 CA6DL1-32 电控系统原理图（不带继电器国Ⅲ电装系统）（2）



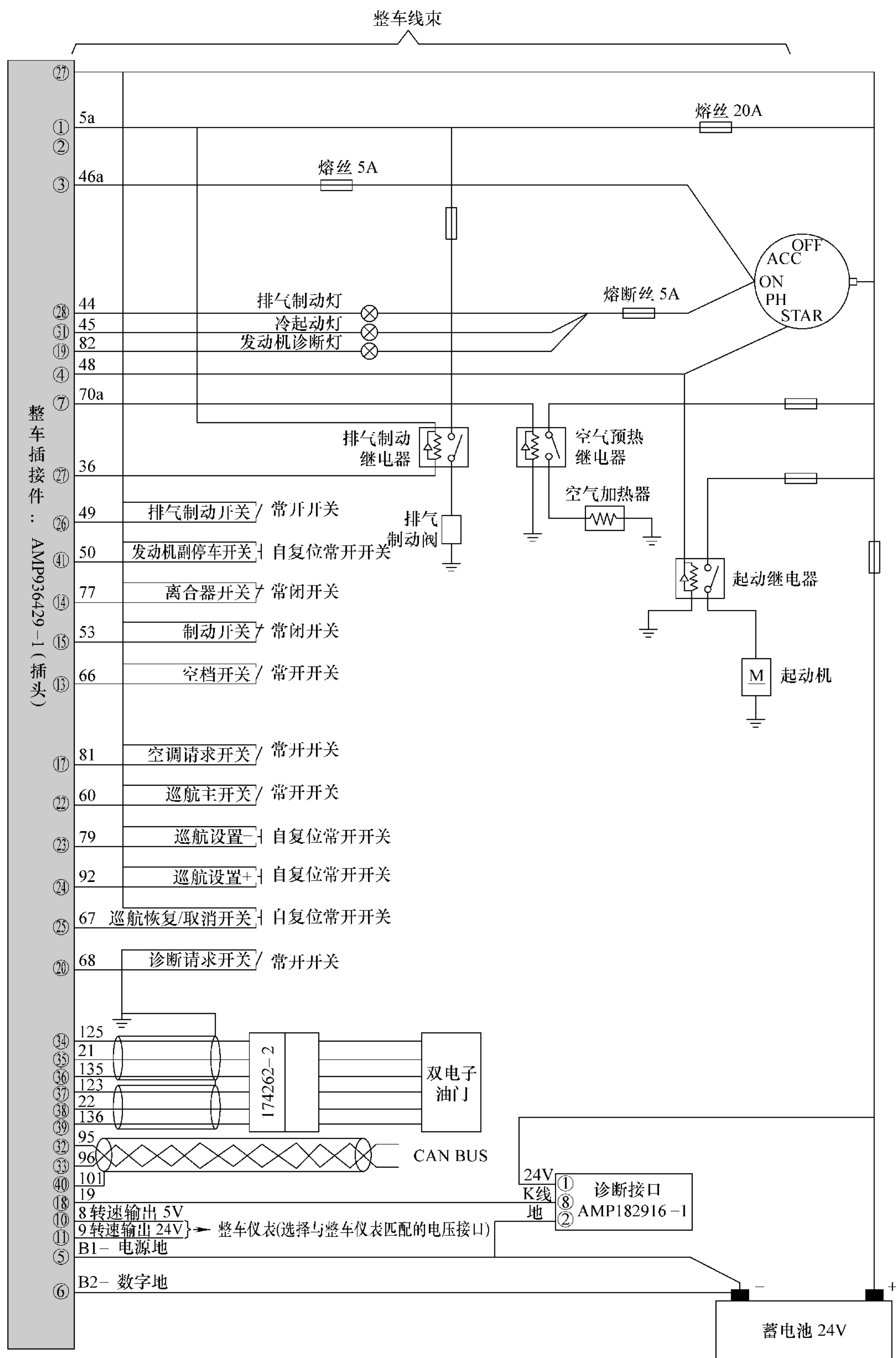


图 9-18　一汽 CA4DL-20E3 电控系统原理图（带继电器国Ⅲ电装系统）（2）



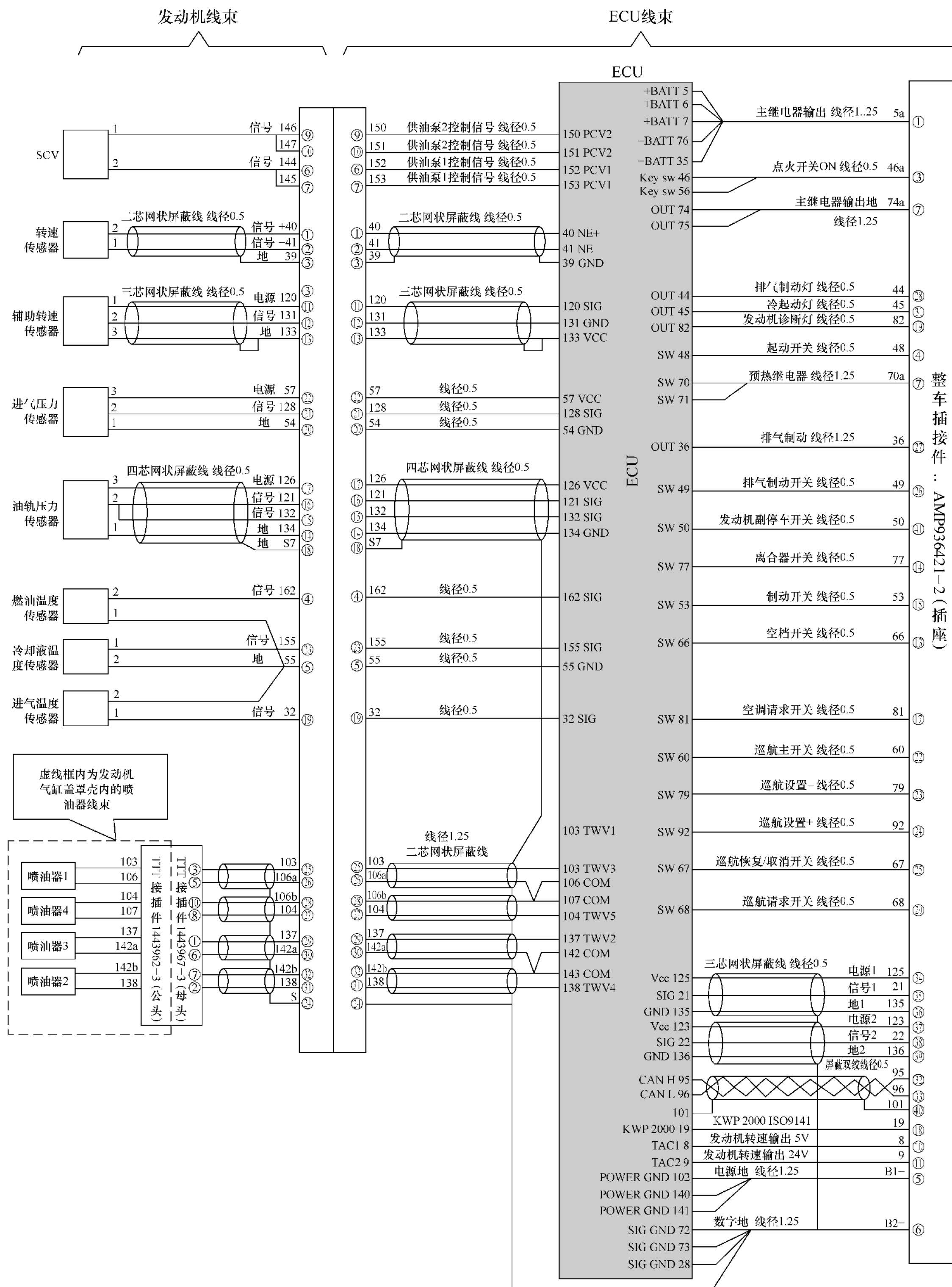


图9-19 一汽CA4DL-20E3电控系统原理图（不带继电器国Ⅲ电装系统）(1)

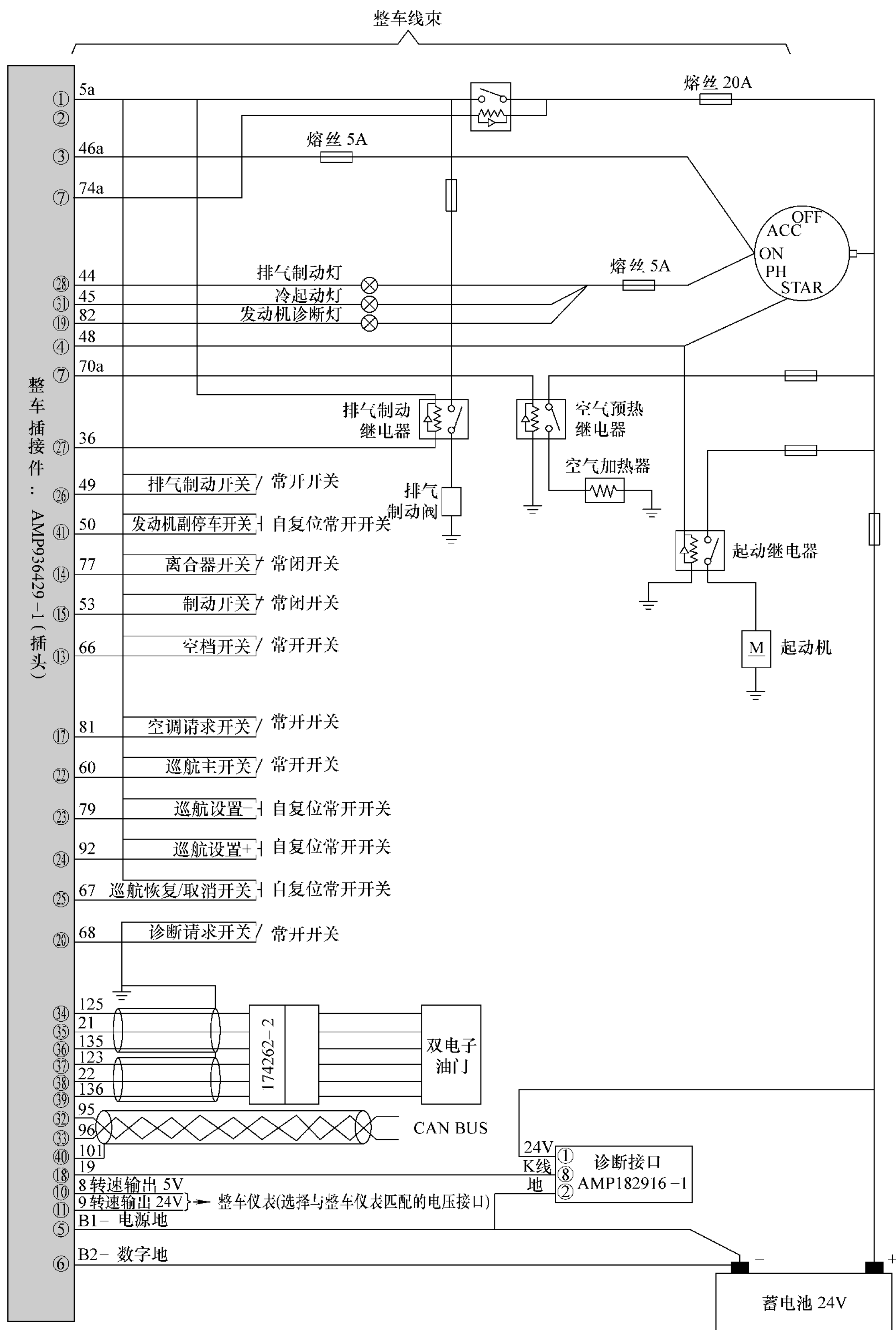


图 9-20　一汽 CA4DL-20E3 电控系统原理图（不带继电器国Ⅲ电装系统）（2）



491. 一汽 CA4DF3-13E3 电控系统原理图（国Ⅲ博世系统）

一汽 CA4DF3-13E3 电控系统原理图（国Ⅲ博世系统）见图 9-21。

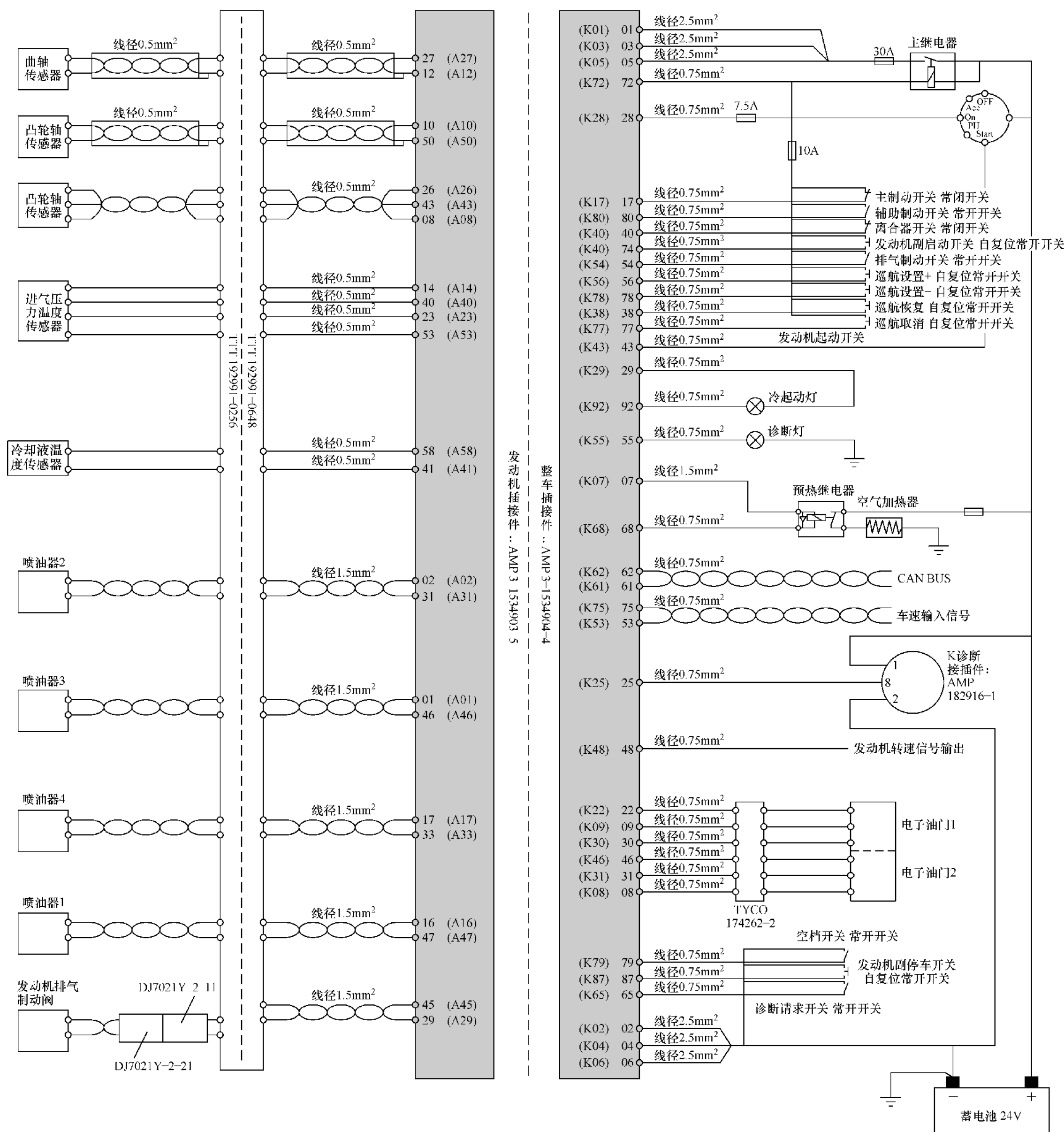


图 9-21　一汽 CA4DF3-13E3 电控系统原理图（国Ⅲ博世系统）

492. 一汽 CA6DF2-24E3 电控系统原理图（国Ⅲ博世系统）

一汽 CA6DF2-24E3 电控系统原理图（国Ⅲ博世系统）见图 9-22。

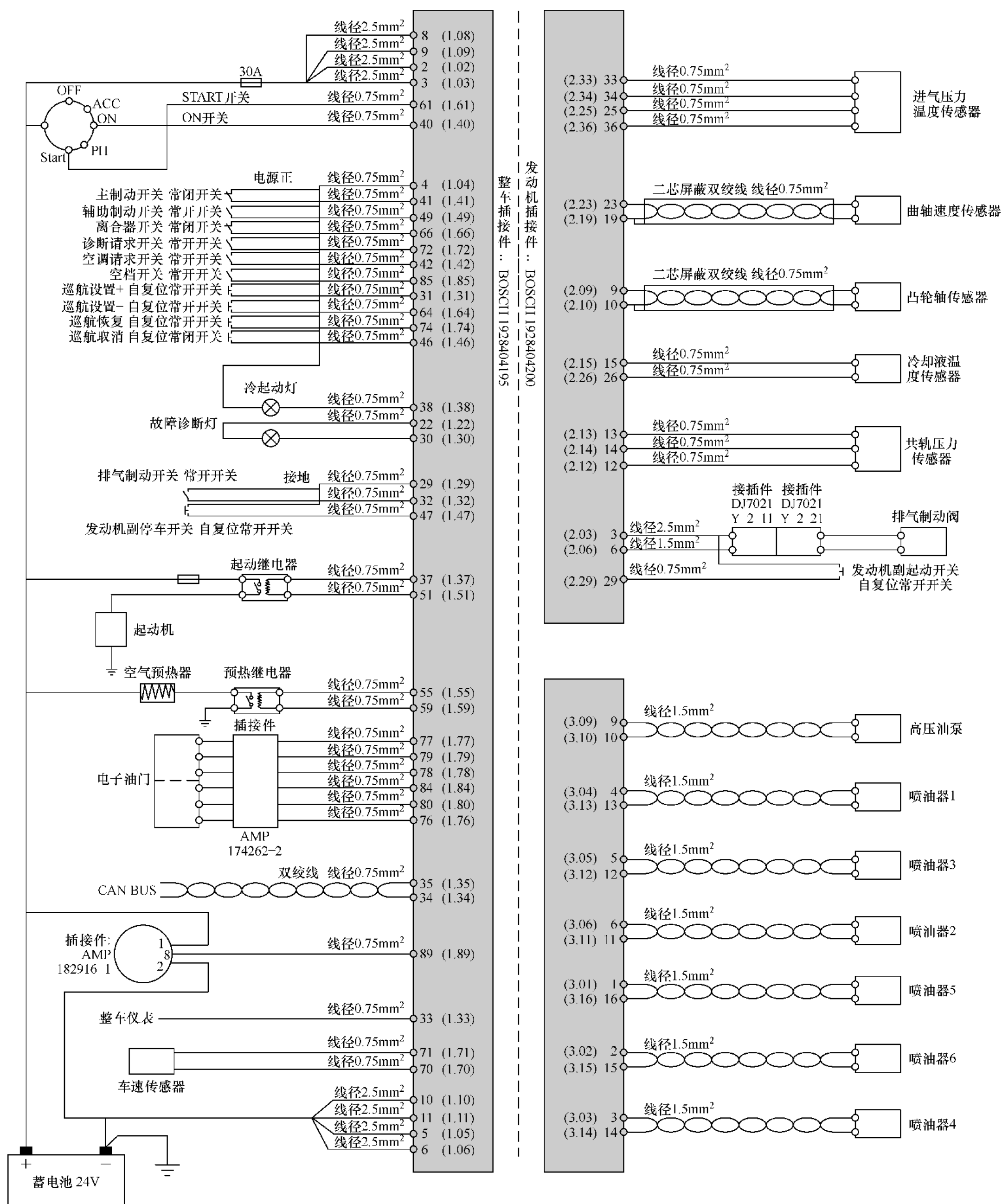


图 9-22　一汽 CA6DF2-24E3 电控系统原理图（国Ⅲ博世系统）



493. 一汽 CA6DL2-35E3 电控系统原理图（国Ⅲ博世系统）

一汽 CA6DL2-35E3 电控系统原理图（国Ⅲ博世系统）见图 9-23。

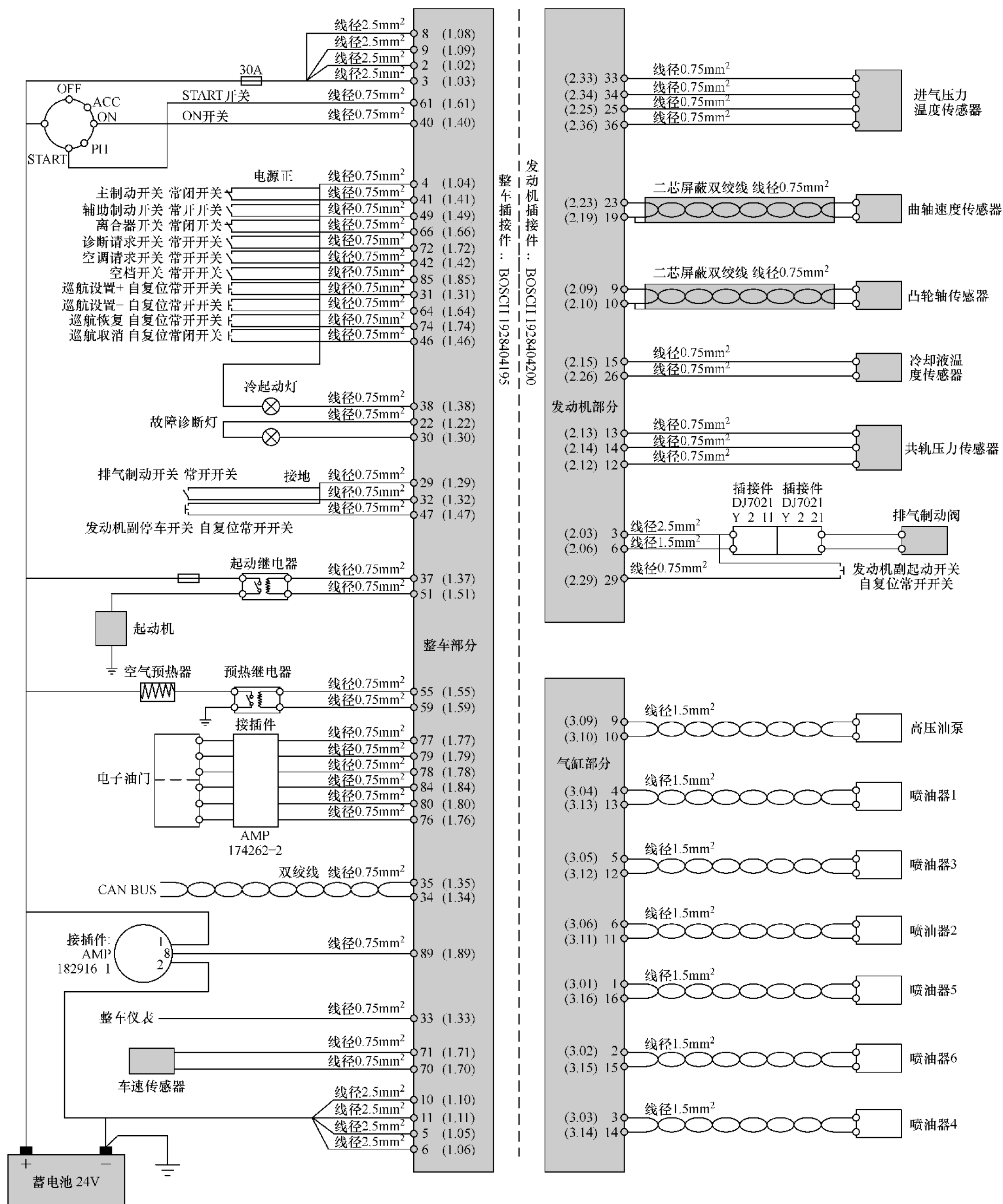


图 9-23 一汽 CA6DL2-35E3 电控系统原理图（国Ⅲ博世系统）

494. 一汽大柴道依茨发动机单体泵电控系统电路图

一汽大柴道依茨发动机单体泵电控系统电路图见图 9-24。

495. 金龙斗山 DL06 发动机控制系统电路图

金龙斗山 DL06 发动机控制系统电路图见图 9-25 和图 9-26。

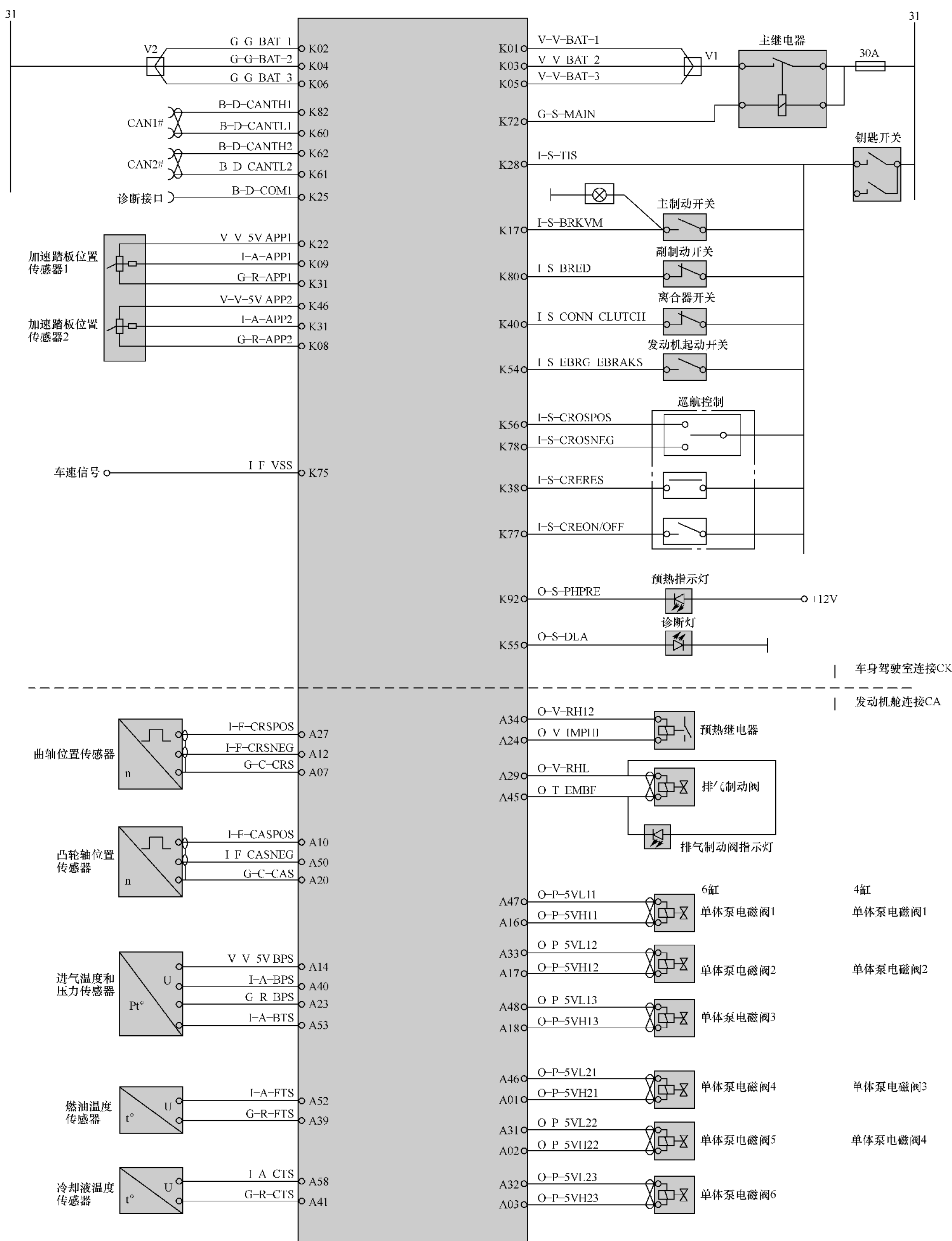
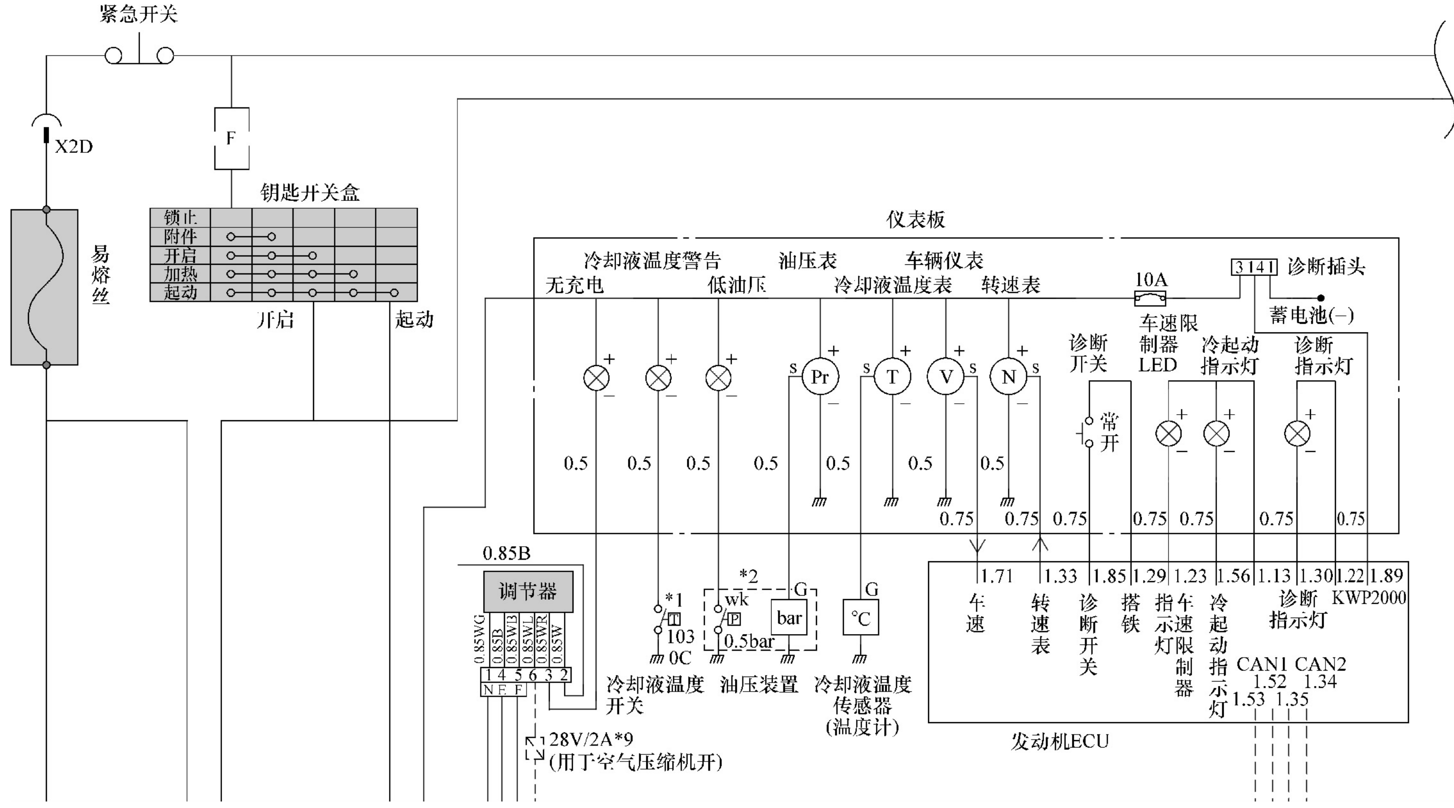


图 9-24　一汽大柴道依茨发动机单体泵电控系统电路图

496. 金龙斗山 DV10 发动机控制系统电路图

金龙斗山 DV10 发动机控制系统电路图见图 9-27 和图 9-28。



紧急开关
X2D
F
钥匙开关盒
锁止
附件
开启
加热
起动
易熔丝
开启
起动
仪表板
冷却液温度警告
无充电
低油压
油压表
车辆仪表
冷却液温度表
转速表
10A
3141
诊断插头
蓄电池(−)
车速限制器LED
诊断开关
冷起动指示灯
诊断指示灯
常开
Pr
T
V
N
0.5
0.75
0.85B
调节器
0.85WG
0.85B
0.85W3
0.85WL
0.85WR
0.85W
1 4 5 6 3 2
N E F
*1
103
0C
*2
wk
0.5bar
bar
G
°C
冷却液温度开关
油压装置
冷却液温度传感器(温度计)
28V/2A*9
(用于空气压缩机开)
1.71
1.33
1.85
1.29
1.23
1.56
1.13
1.30
1.22
1.89
车速
转速表
诊断开关
搭铁
指示灯
车速限制器
冷起动指示灯
诊断指示灯
KWP2000
CAN1
CAN2
1.52
1.34
1.53
1.35
发动机ECU



蓄电池继电器

发电机

N E F G B

1.13 ECU

起动机继电器

冷起动加热器继电器

1.07 ECU

R1

空气加热器

R2

加热开关

易熔线15A

加热器继电器针脚1(+)

燃油滤清器加热器

针脚2(搭铁)

诊断插头

15 16 17 18

+

−

蓄电池(直流24V)

M

起动机



图 9-25　金龙斗山 DL06 发动机控制系统电路图（1）



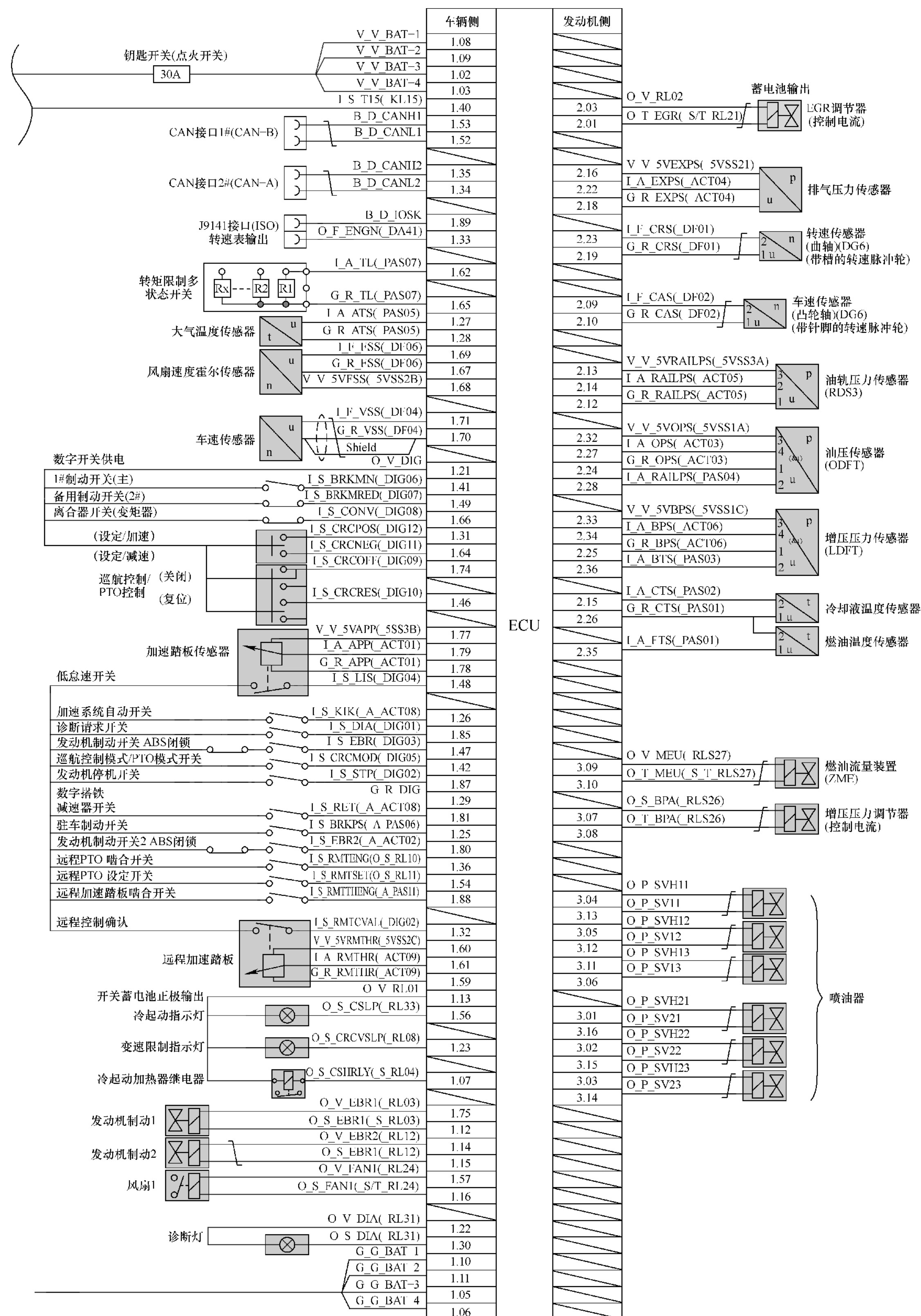


图9-26　金龙斗山DL06发动机控制系统电路图（2）



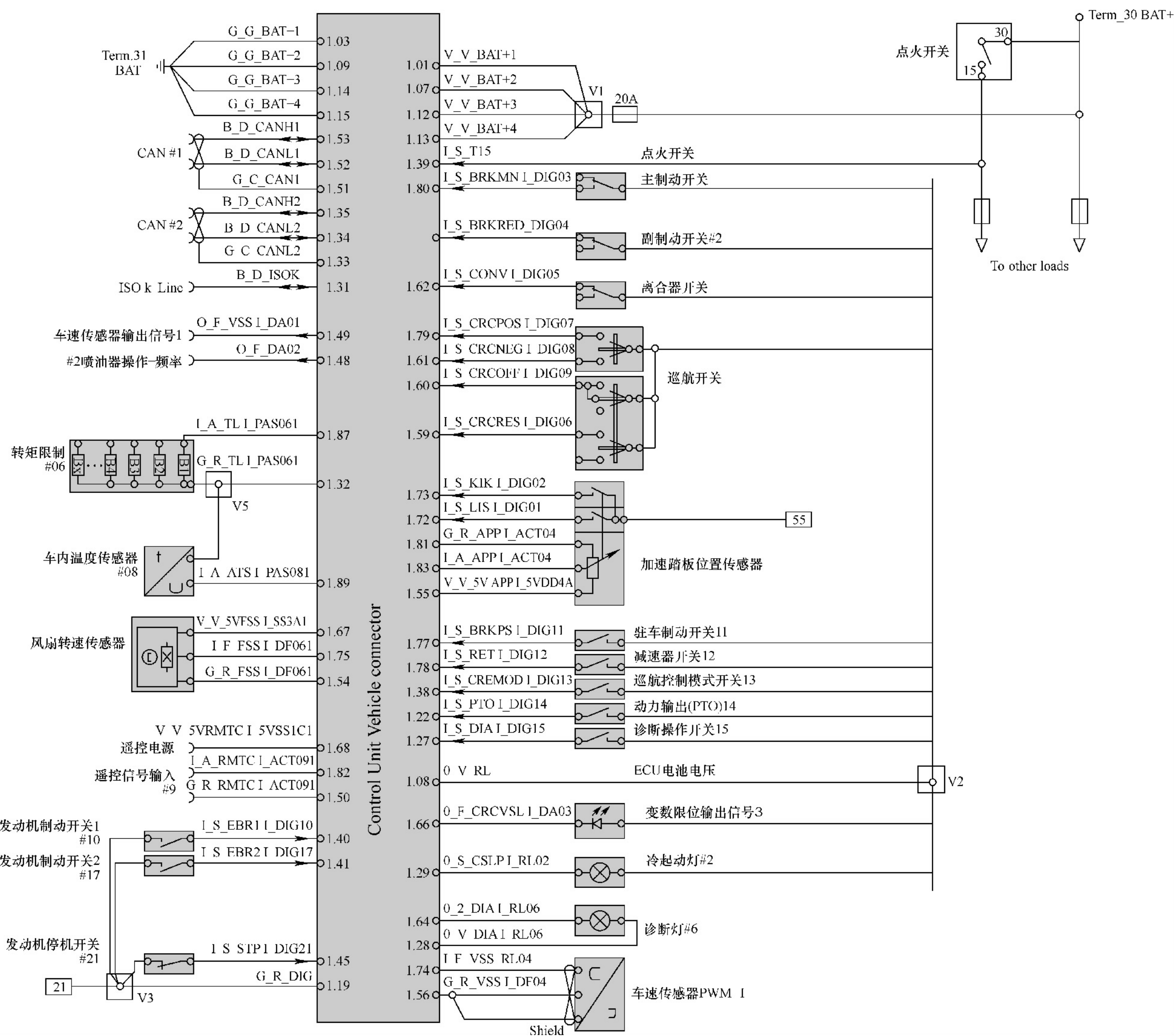


图 9-27　金龙斗山 DV10 发动机控制系统电路图（1）



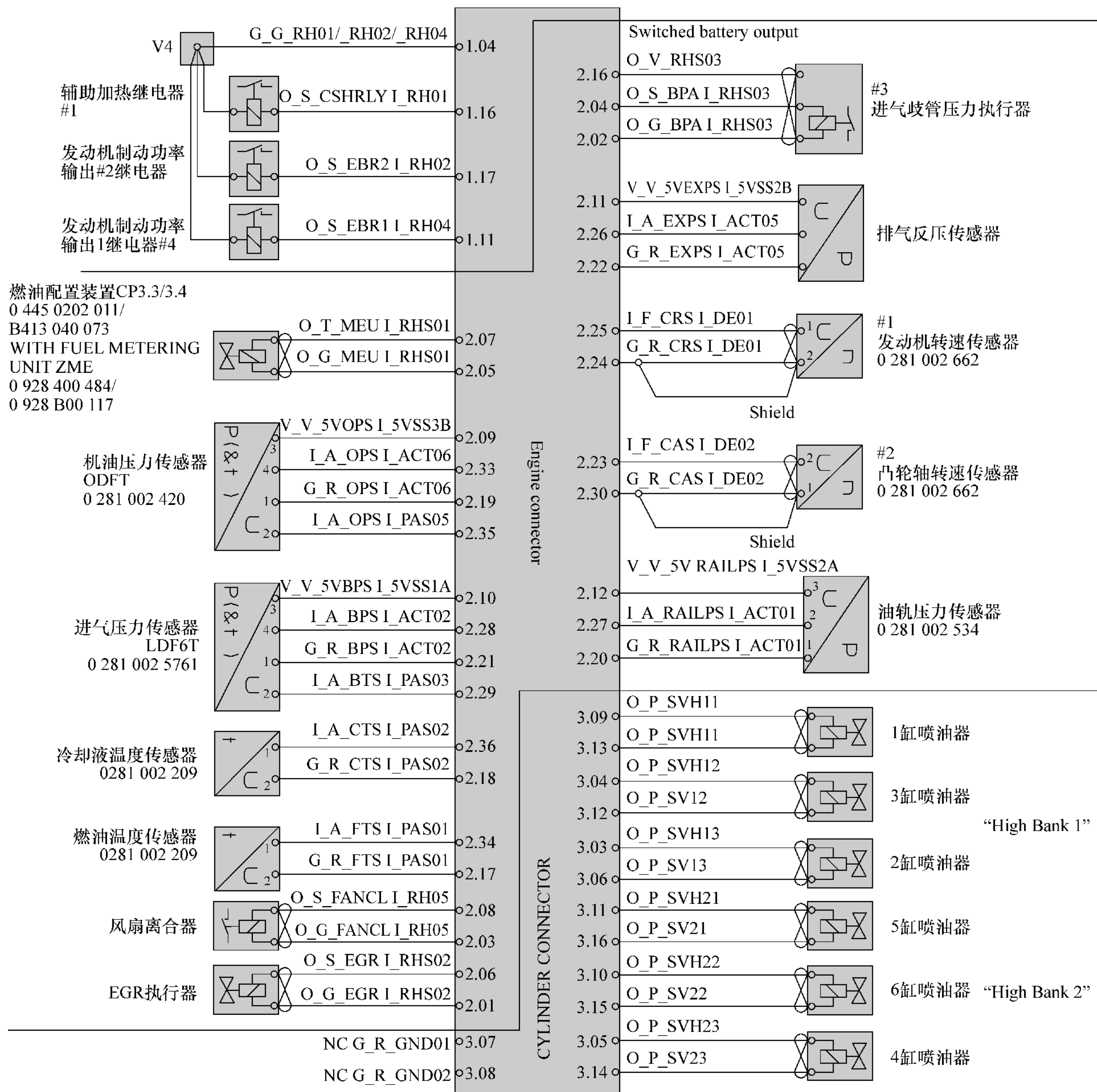


图 9-28　金龙斗山 DV10 发动机控制系统电路图（2）

497. 云内动力 D16T CI/D19TCI 发动机电路图

云内动力 D16T CI/D19TCI 发动机电路图见图 9-29。



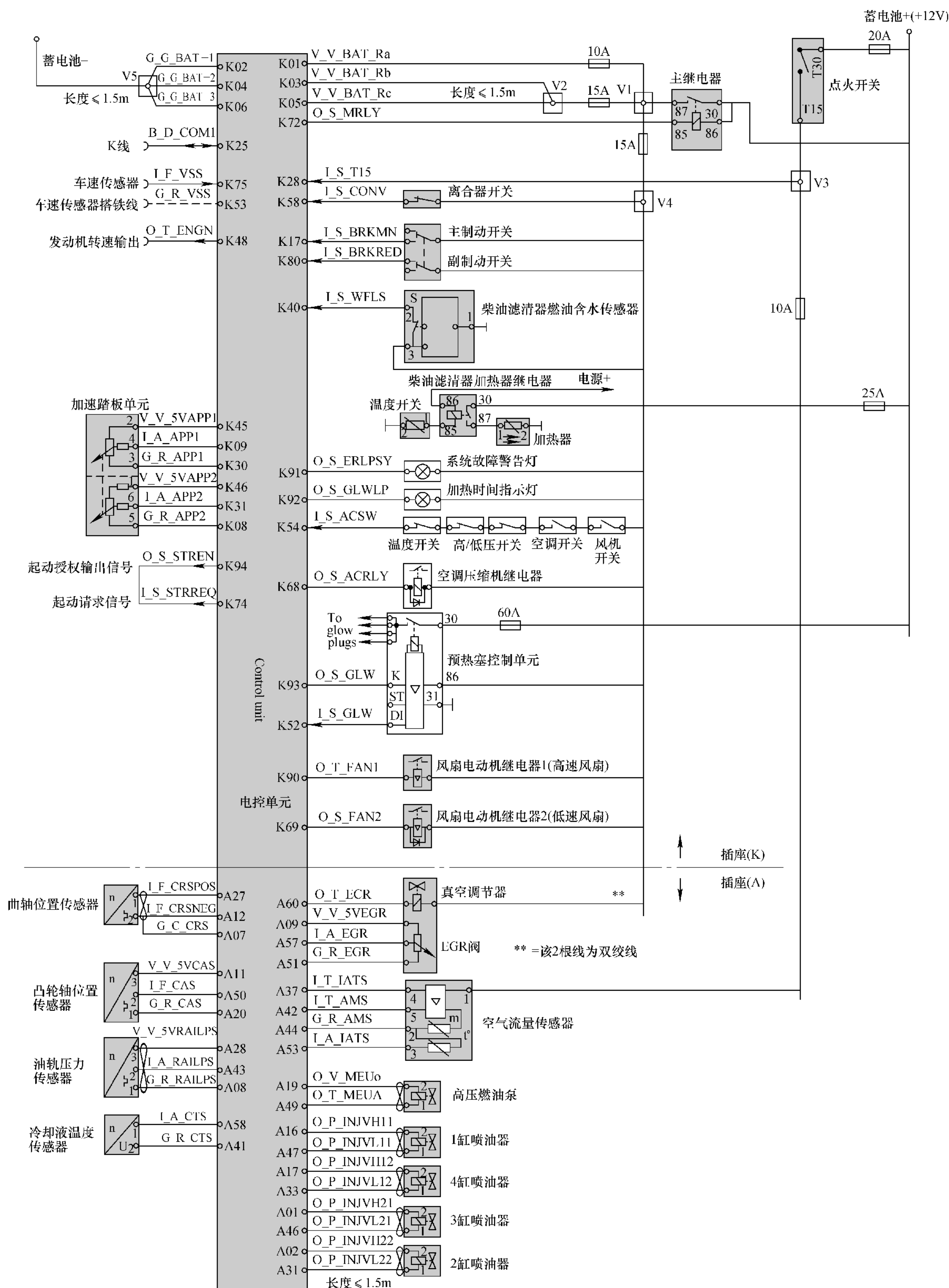


图 9-29　云内动力 D16T CI/D19TCI 发动机电路图



498. 陕汽德龙 F3000 潍柴 WP10/12 发动机电路图

陕汽德龙 F3000 潍柴 WP10/12 发动机电路图见图 9-30 和图 9-31。

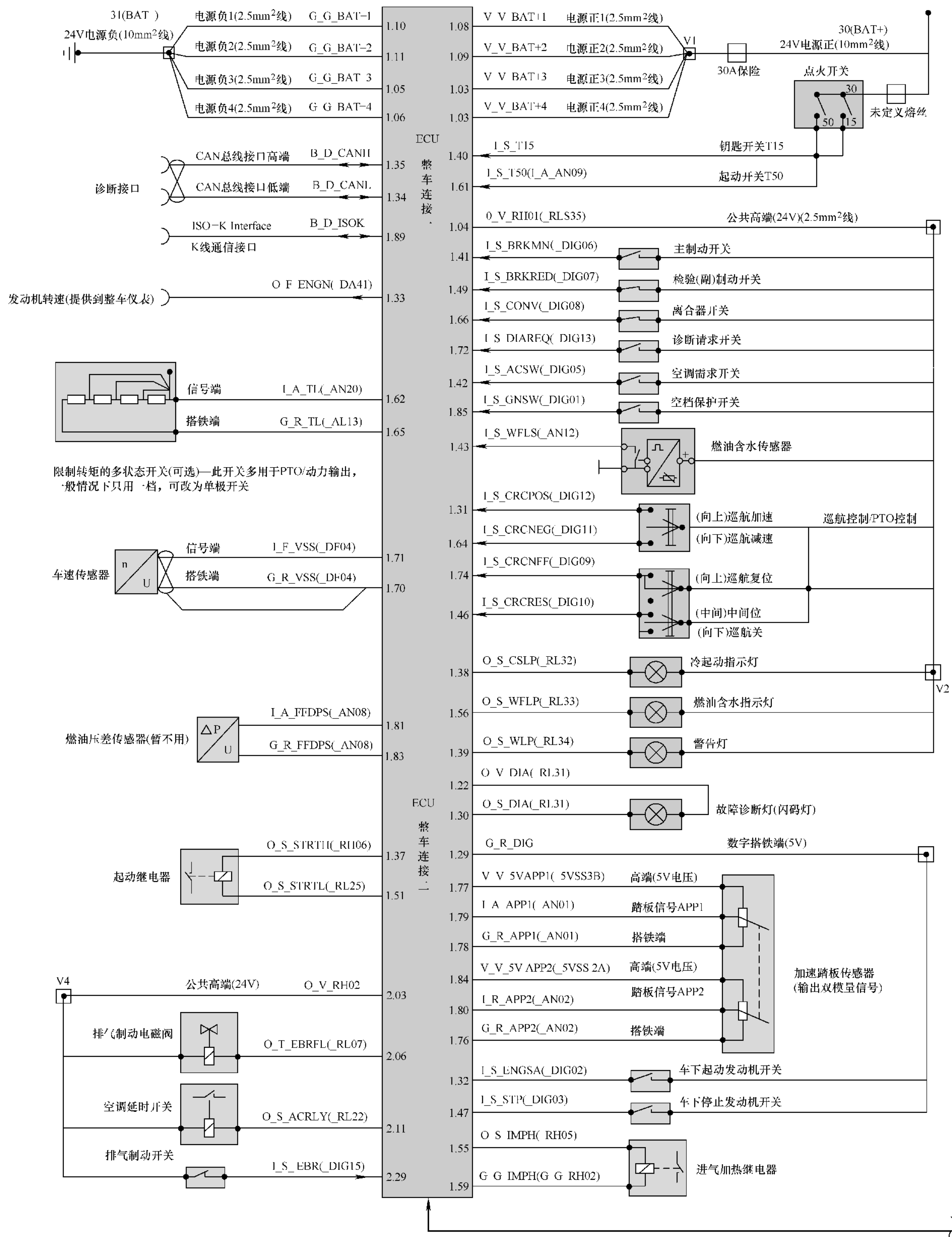


图 9-30 陕汽德龙 F3000 潍柴 WP10/12 发动机电路图（1）

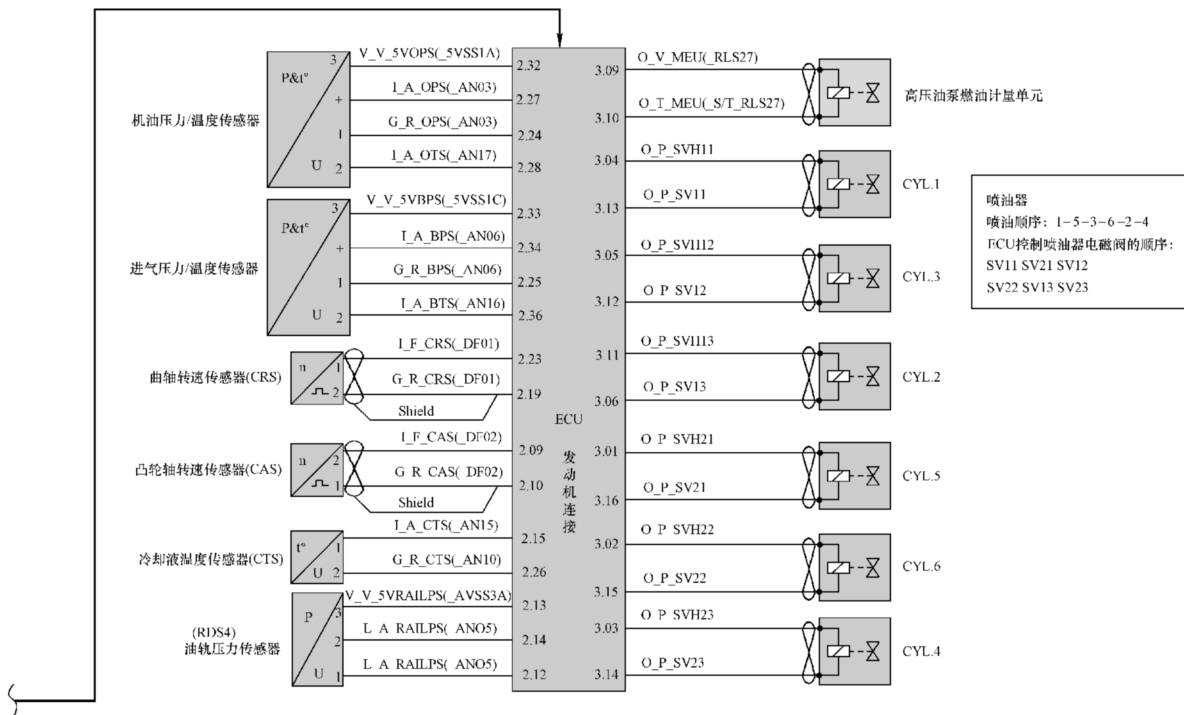


图 9-31　陕汽德龙 F3000 潍柴 WP10/12 发动机电路图（2）

499. 威特发动机电控系统原理图

威特发动机电控系统原理图见图 9-32 和图 9-33。

500. 康明斯 CISDe 发动机电控系统原理图

康明斯 CISDe 发动机电控系统原理图见图 9-34 和见图 9-35。

501. 康明斯 ISB4/ISBe 接线图（OEM 接线口 B）

康明斯 ISB4/ISBe 接线图（OEM 接线口 B）见图 9-36。

502. 索菲姆 8140. 43S3 高压共轨柴油机 EDC6 系统原理图

索菲姆 8140. 43S3 高压共轨柴油机 EDC6 系统原理图见图 9-37。

图9-32 威特发动机电控系统原理图（1）

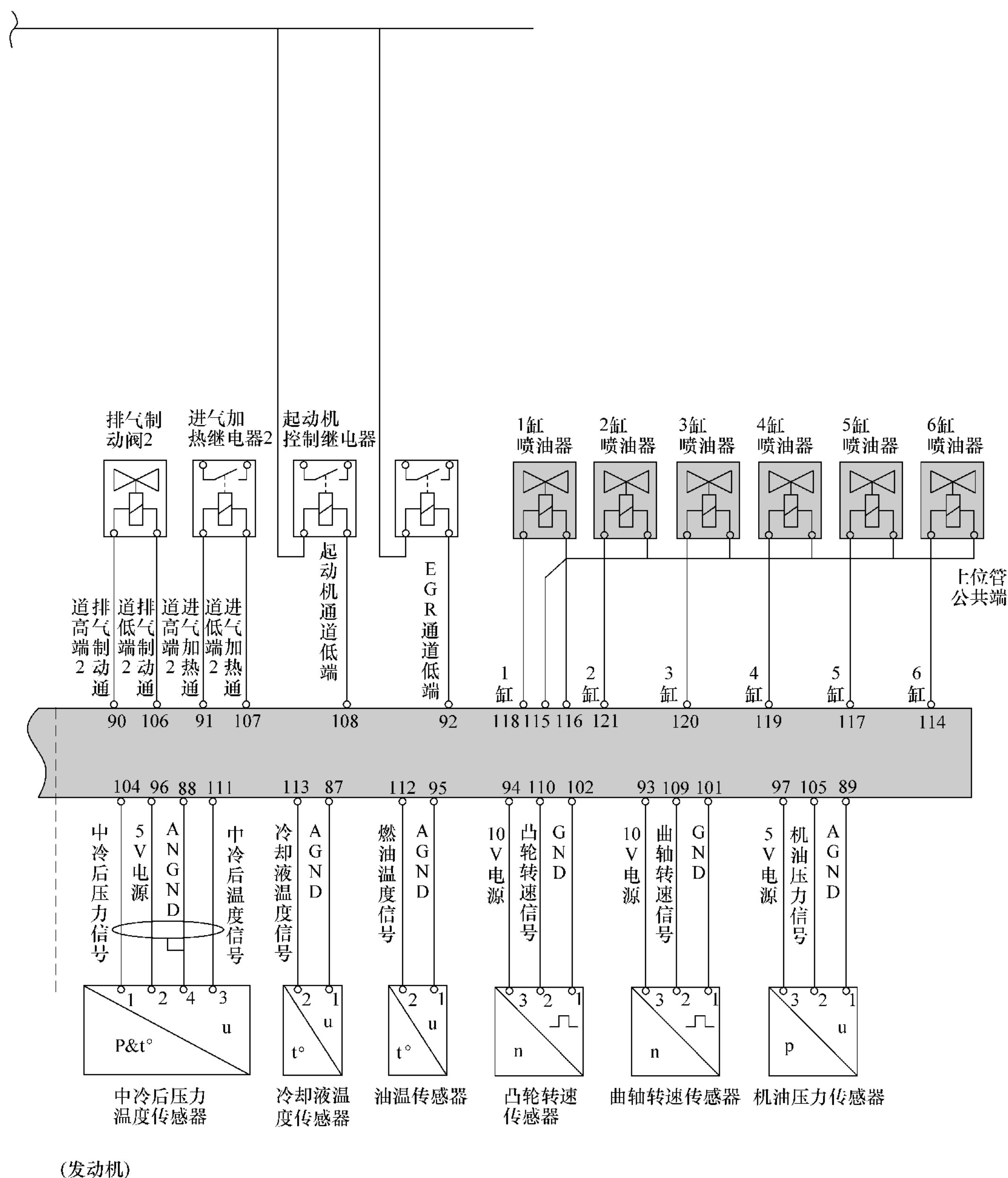


图9-33　威特发动机电控系统原理图（2）



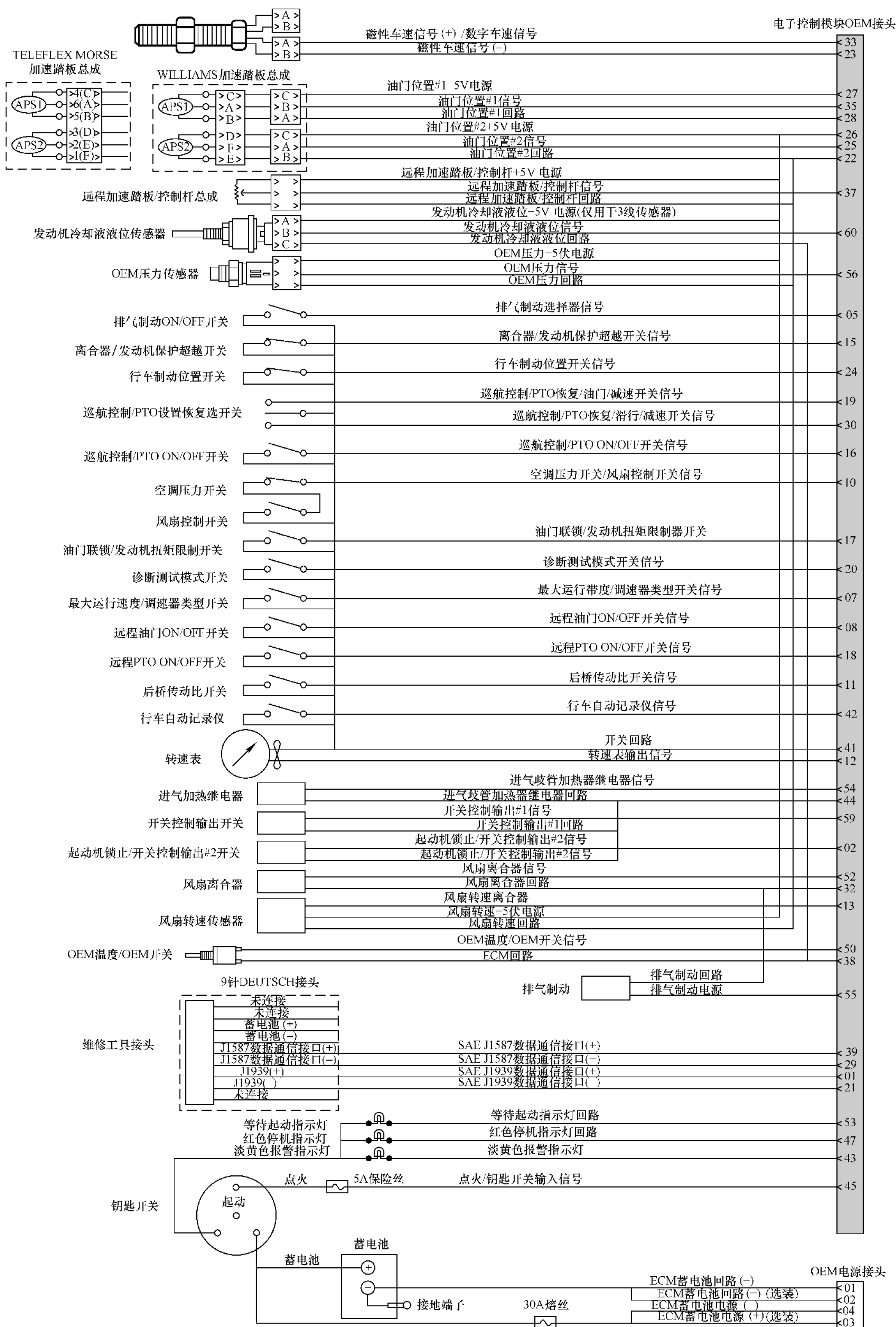


图9-34 康明斯CISDe发动机电控系统原理图(1)

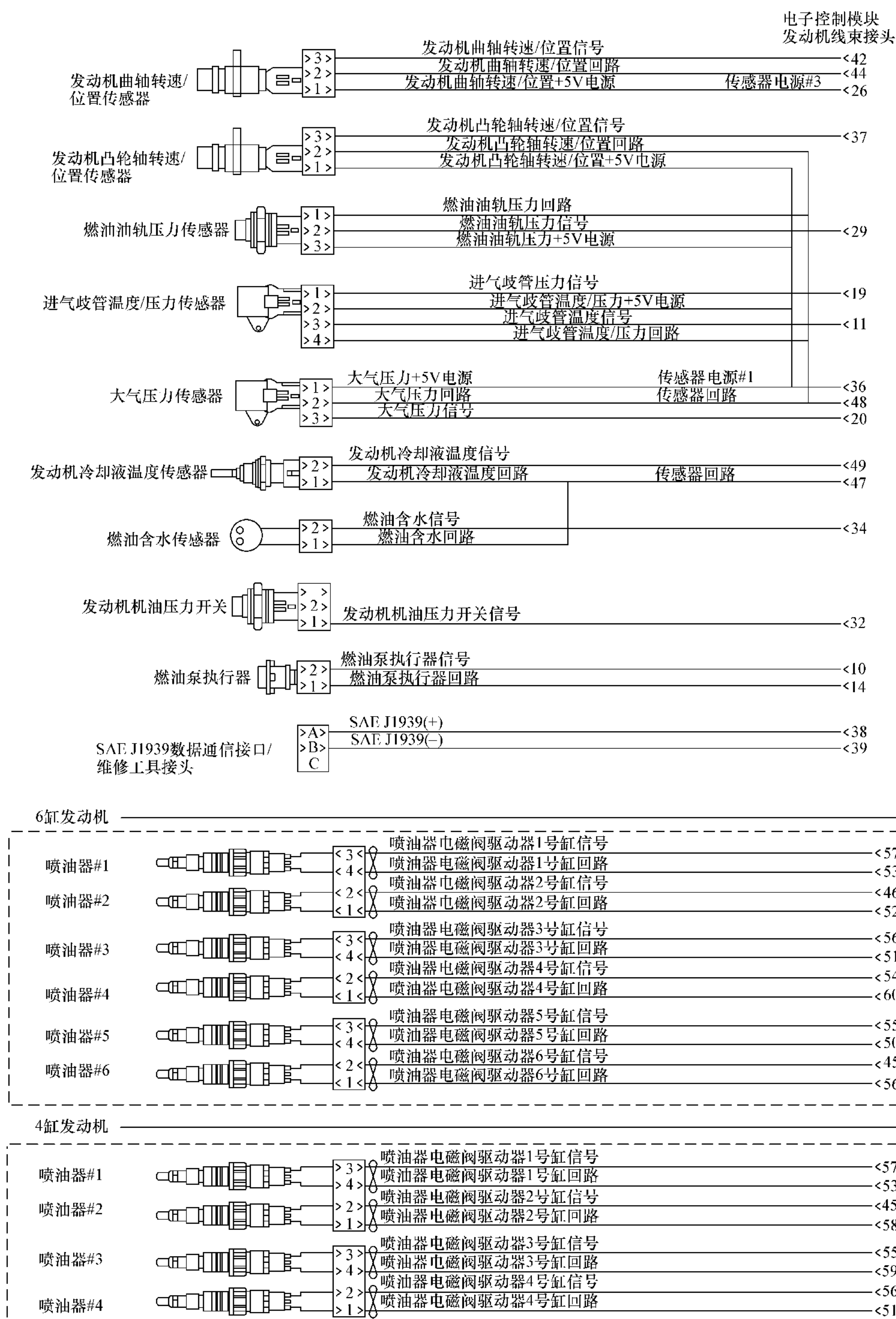


图 9-35　康明斯 CISDe 发动机电控系统原理图（2）



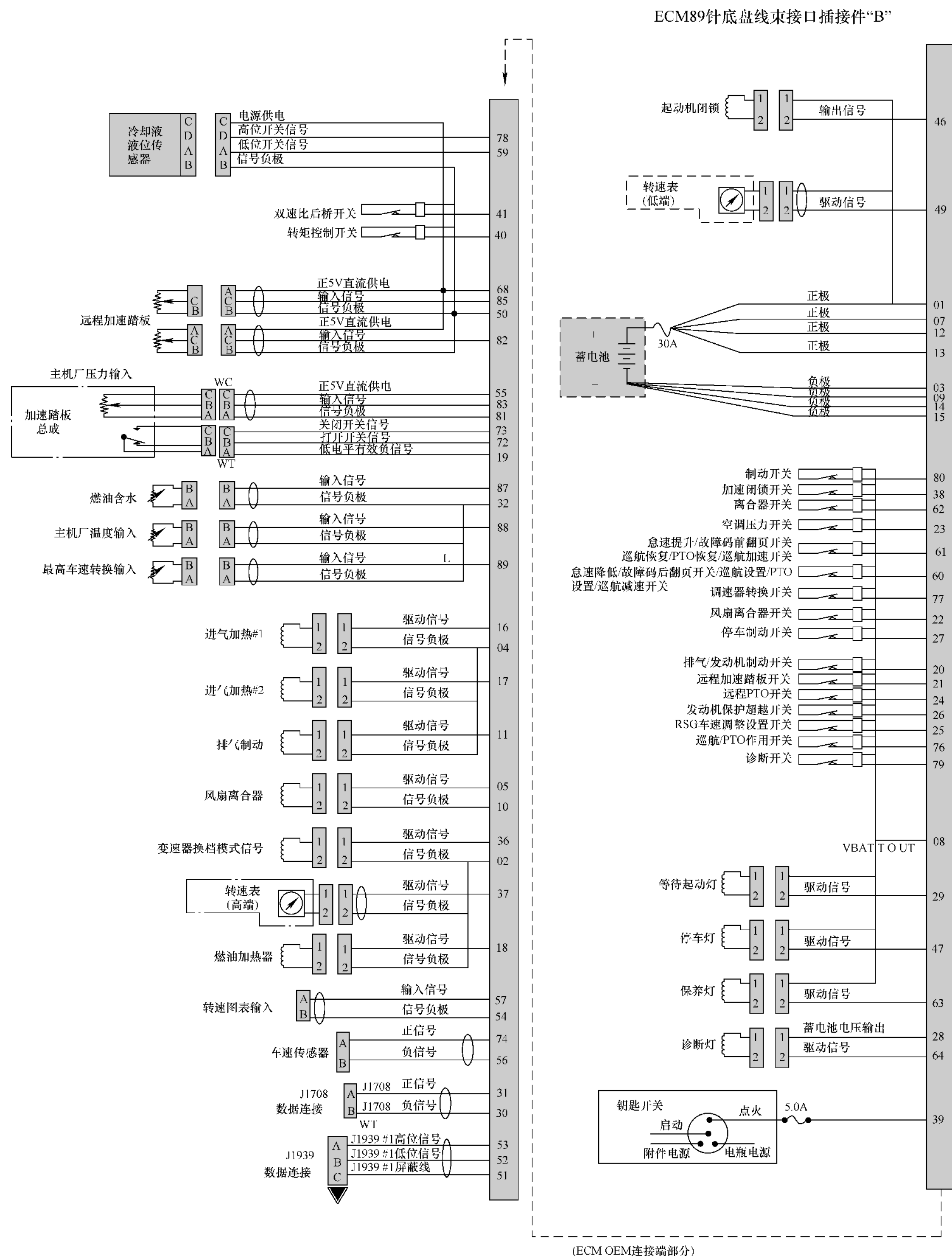


图 9-36 康明斯 ISB4/ISBe 接线图（OEM 接线口 B）

52502
点火开关
30
50
15/A
15

25858
主继电器
7777 30
7777 86
87a
87
85
7150
7777

10A
25A
10A
5A
8150

故障诊断开关

85151
电动
燃油泵

42374
离合器
开关

85152
电子油门

车速表信号
58918
A2

转速表信号
58918
A17

预热指示灯
58918
A30

86 预热阀继电器 85
86 预热塞继电器 85

冷却风扇
离合器

53565
制动开关

5156 8150 8150 2.5 5157 0159 5158 5157 0150 5158 8051 5155 5614 7740 8158

25 2 4 6 91 71 72 1 5 58 9 30 45 31 8 46 28 75 48 90 69 92 93 17 80

SOFIM43S3 EDC16

K
A

58 41 51 52 23 53 13 40 8 43 28 20 50 11 27 12 22 1 16 47 17 33 46 1 31 2 19 49 60

7777
50

0000
6

2299

2
72027
诊断接口

5151 0150 0150 5592 0165 5151 5153 5152 0000 5591 5590 7178 9160 0174 9925 9917

2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5

0000 0000

20000
蓄电池

47035
冷却液温度
传感器

47106
燃油温度
传感器

0000
50

85156
空气压力与温度
传感器

85157
共轨压力
传感器

48042
凸轮轴相位
传感器

48035
曲轴转速
传感器

78247 78247 78247 78247
喷油器

78013
压力
调节

78015
第三缸停油
电磁阀


图 9-37　索菲姆 8140.43S3 高压共轨柴油机 EDC6 系统原理图

503 南京依维柯 EDC-MS6.3 电路原理图

南京依维柯 EDC-MS6.3 电路原理图见图 9-38。

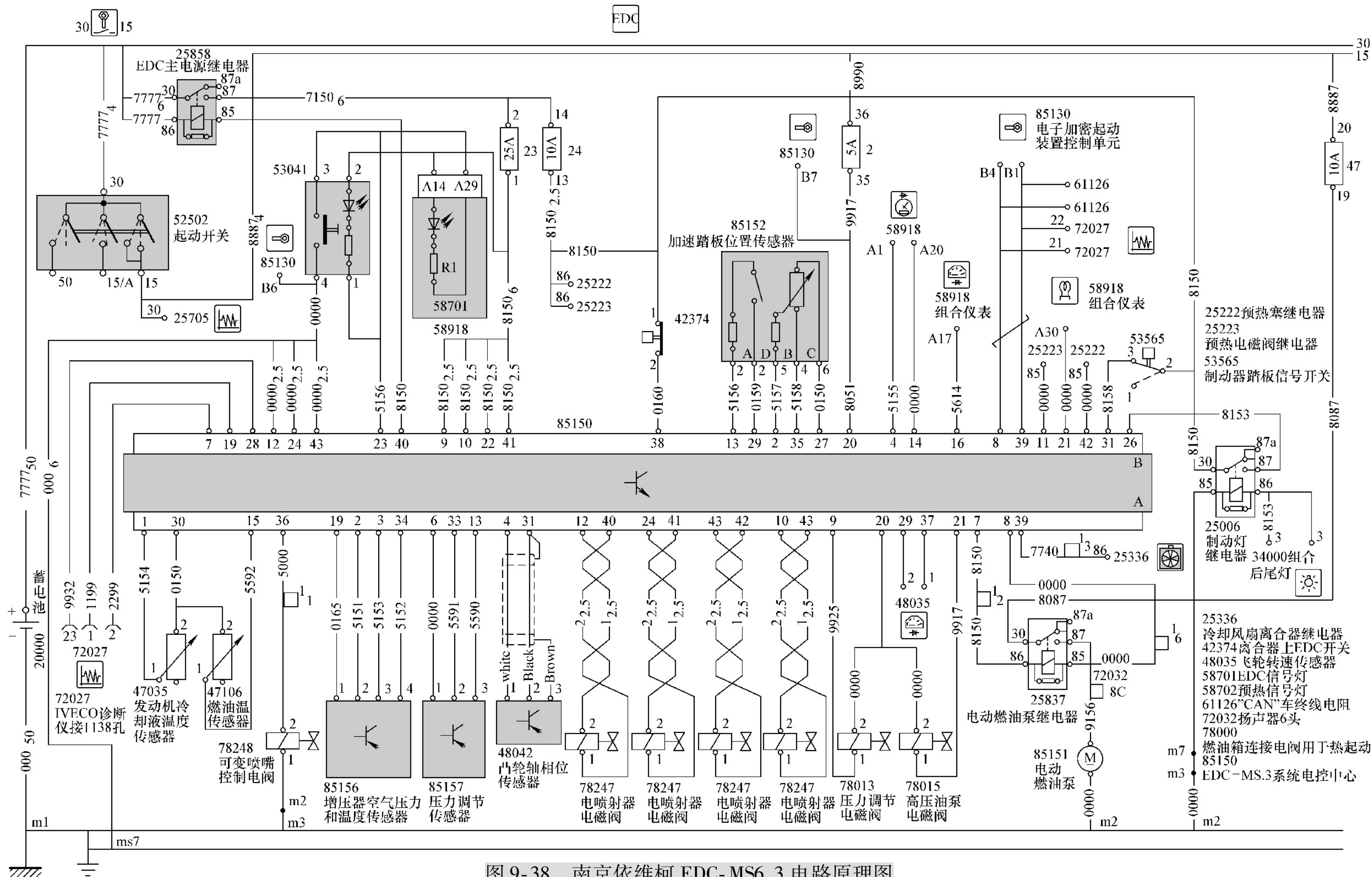


图 9-38 南京依维柯 EDC-MS6.3 电路原理图



504. 博世高压共轨电控系统电路图

博世（BOSCH）高压共轨电控系统电路图见图 9-39 和图 9-40。

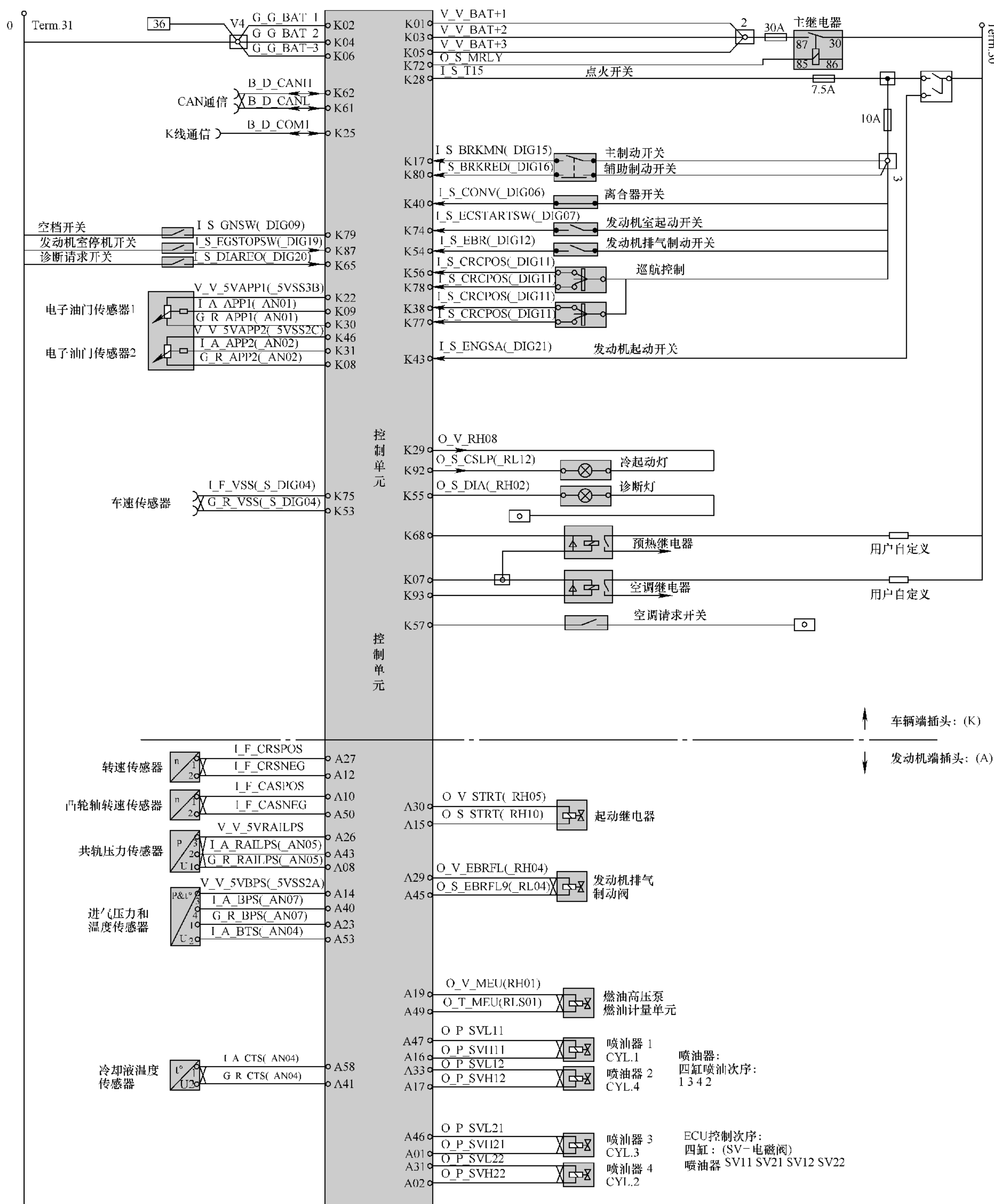


图 9-39　博世高压共轨电控系统电路图（1）



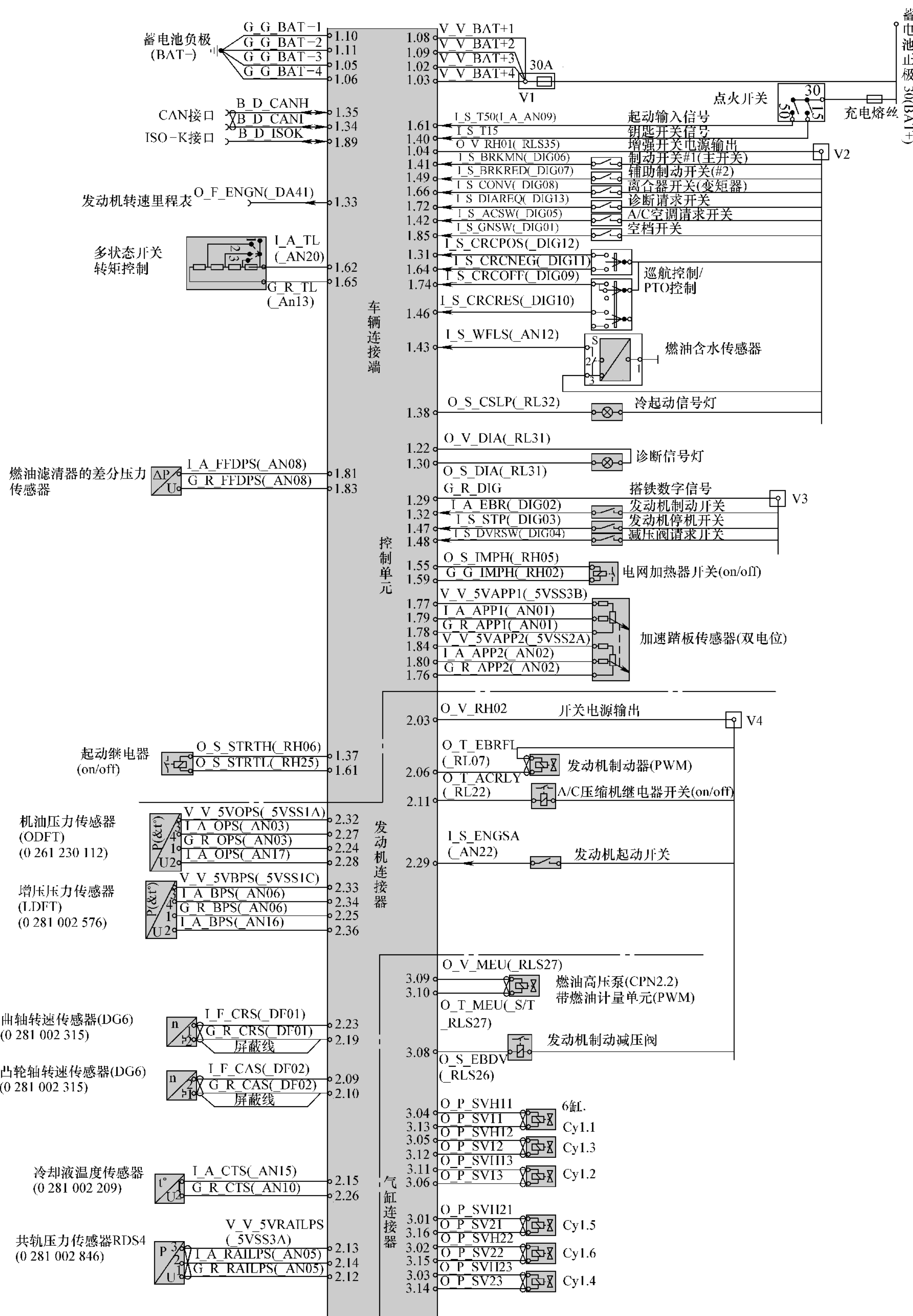


图 9-40　博世高压共轨电控系统电路图（2）



505. 德尔福高压共轨电控系统电路图

德尔福（DELPHI）高压共轨电控系统电路图见图 9-41 和图 9-42。

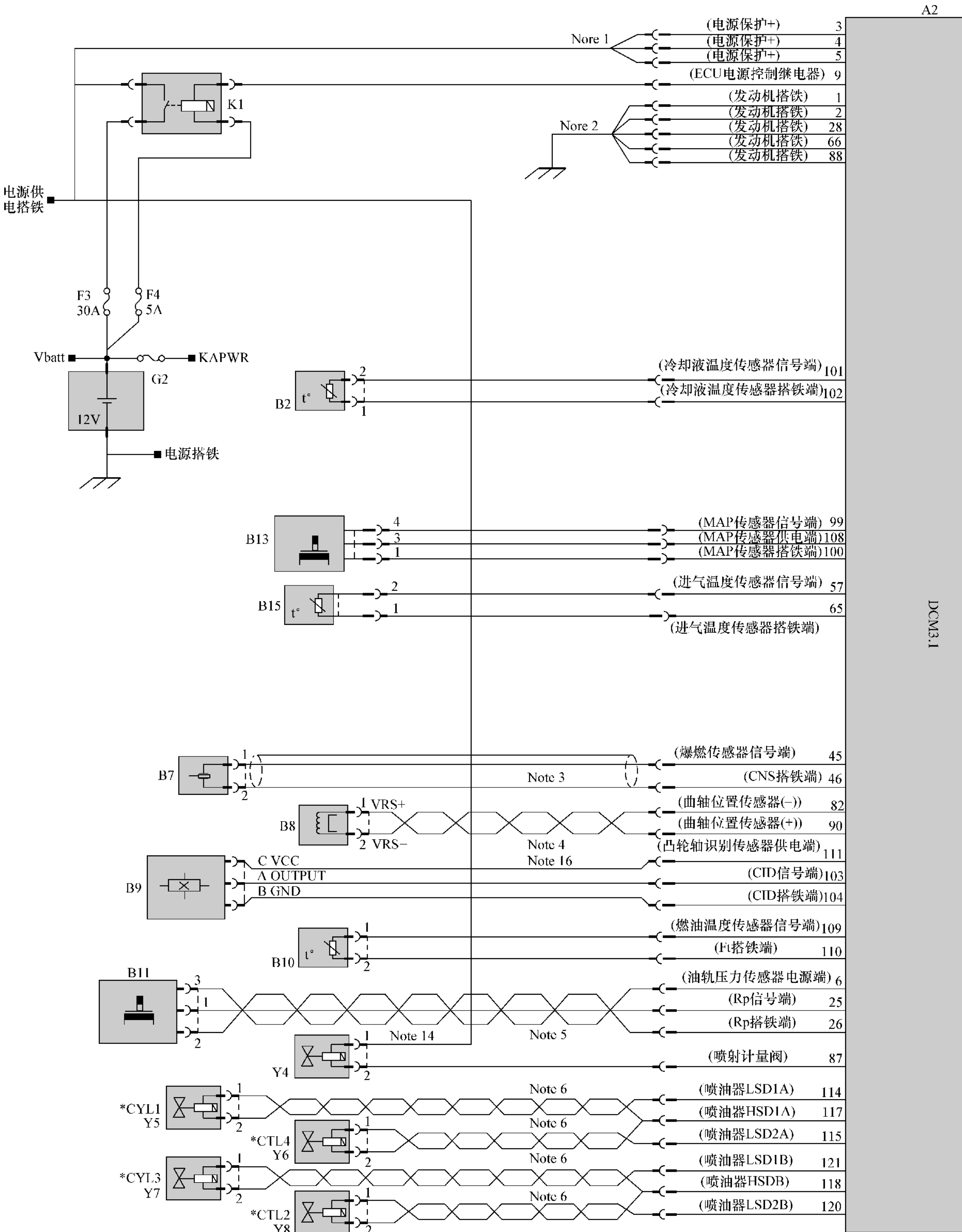


图 9-41　德尔福高压共轨电控系统电路图（1）



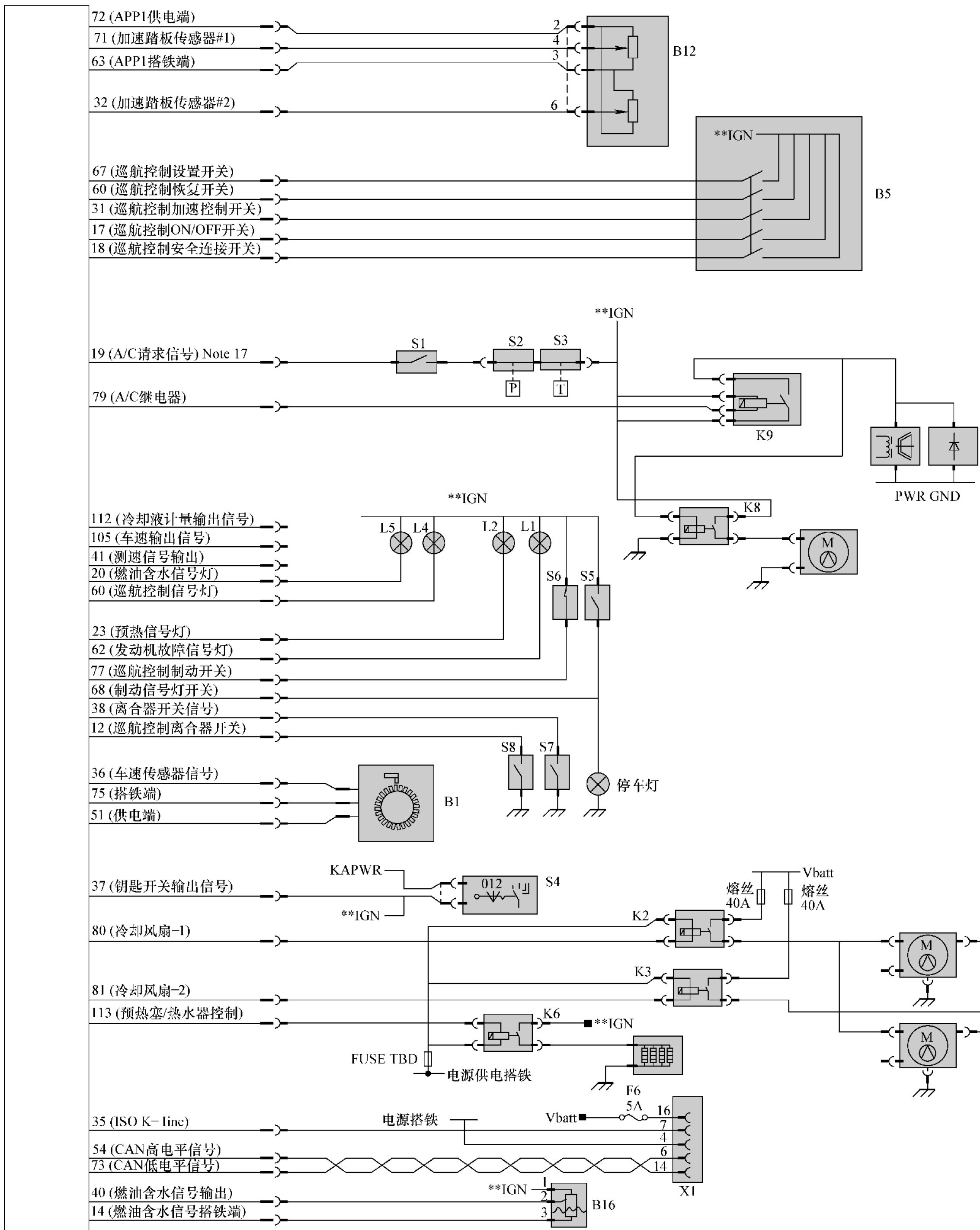


图 9-42 德尔福高压共轨电控系统电路图（2）

506. 电装高压共轨电控系统电路图

电装（DENSO）高压共轨电控系统电路图见图 9-43 和图 9-44。

OFF
ACC
ON
PH
STAR
(5A)
(10A)
(20A)
线径
插接件端子号
46 开关1(点火开关)
56 开关1(点火开关)
35 +B
76 +B
45 输出4(冷起动灯)
44 输出3(排气制动灯)
82 S输出-1(发动机故障灯)
83 S输出2(巡航显示灯)
84 S-输出(巡航主显示灯)
空气预热器
预热继电器
70 输出19(预热继电器)
71 输出19(预热继电器)
SCVHI 146
SCVHI 147
SCVLO 144
SCVLO 145
SCV (HP 3)
5 +B
6 +B
7 +B
74 输出17(主继电器)
75 输出18(主继电器)
48 开关2(起动开关)
主继电器
起动机继电器
起动机
TWV1 103
公共端1 106
公共端1 107
TWV3 104
TWV2 137
公共端2 142
公共端2 143
TWV4 138
喷油器(1号气缸)
喷油器(4号气缸)
喷油器(3号气缸)
喷油器(2号气缸)
转速传感器
40 NE+(电源-)
41 NE+(电源-)
39 NE-SLD(NE屏蔽搭铁)
辅助转速传感器
133 G-VCC(电源端)
120 G(信号端)
131 G-GND(搭铁端)
加速踏板传感器1
125 A-VCC2(电源端2)
21 AD1(电源端1)
135 A-GND2(搭铁端2)
加速踏板传感器2
123 A-VCC3(电源端3)
22 AD2(电源端2)
136 A-GND3(搭铁端3)
进气压力传感器
57 A-VCC4(电源端4)
128 AD3(信号端)
54 A-GND4(搭铁端3)
油轨压力传感器
126 A-VCC1(电源端1)
121 AD4(信号端)
132 AD5(信号端)
134 A-GND1(搭铁端1)
PTO加速位置传感器
65 A-VCC4(电源端5)
23 AD10(信号端)
冷却液温度传感器
55 A-GND5(搭铁端5)
155 AD7(信号端)
燃油温度传感器
163 AD9(信号端5)
进气温度传感器
32 AD16(信号端)
排气制动阀继电器
排气制动电磁阀
(排气制动)输出5 36
(SOURCE)TAC1 8
(SINK)TAC2 9
转带仪
KWP2000 19
TOOL
CAN1H 157
CAN1L 158
CAN1 SLD 165
车速传感器
27 VS1(车速传感器)
49 开关3(排气制动开关)
50 开关4(副停止开关)
77 开关27(离合器开关)
53 开关7(制动开关)
CAN2H 95
CAN2L 96
CAN2 SLD 101
为ABS,ASR预留通信
66 开关9(空档开关)
屏蔽线
双绞线
81 开关24(AC SW)
89 开关21(PTO开关)
52 开关6(倒档开关)
60 开关12(巡航主开关)
79 开关14(巡航设置-)
92 开关13(巡航设置+)
67 开关11(巡航恢复/取消开关)
68 开关16(巡航开关)
蓄电池
61 开关17(停车灯开关)
102P-GND(电源搭铁端)
140 P GND(电源搭铁端)
141 P GND(电源搭铁端)
72 GND(信号搭铁端)
73 GND(信号搭铁端)
28 外壳搭铁端


图9-43　电装高压共轨电控系统电路图（四缸机）



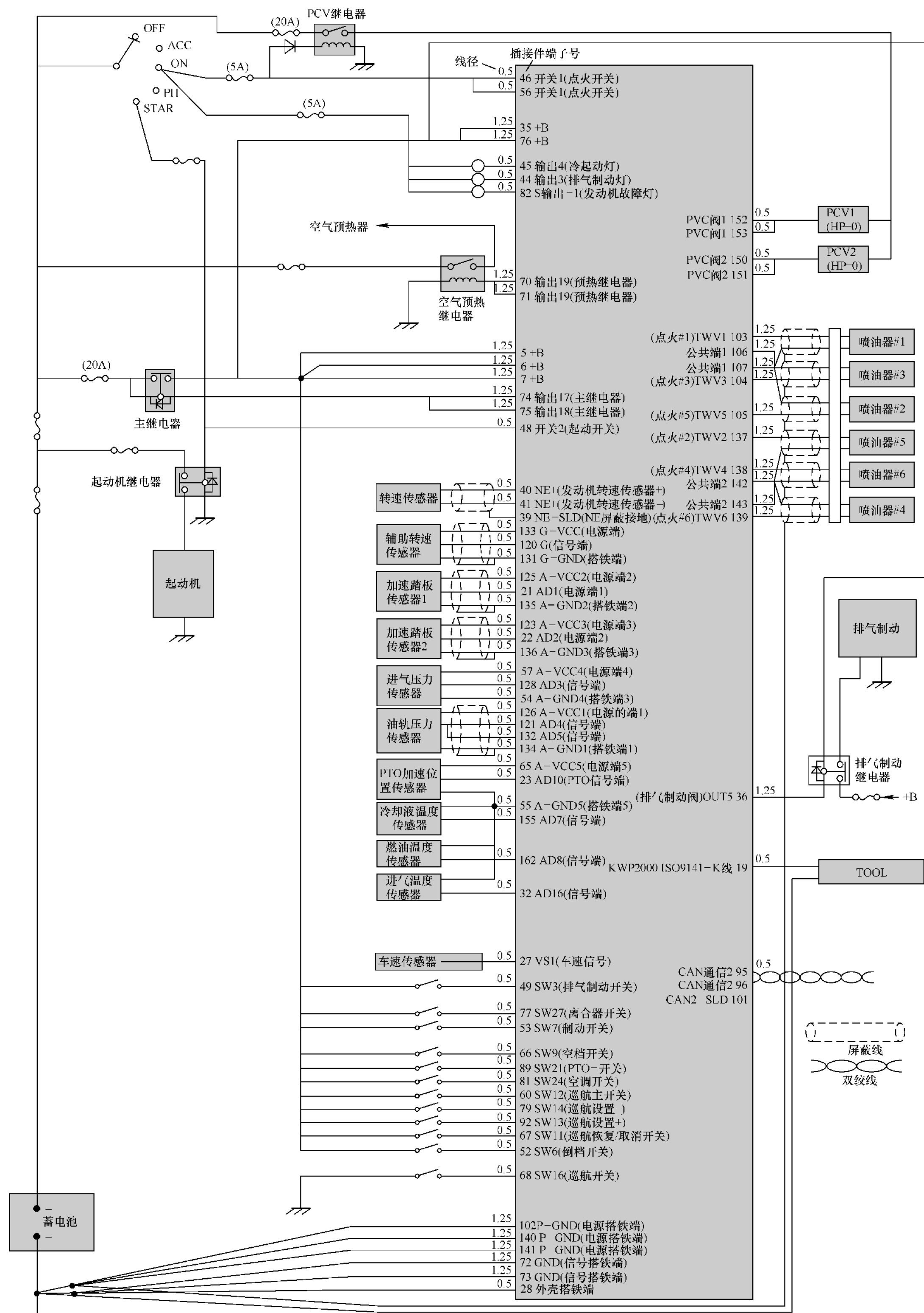
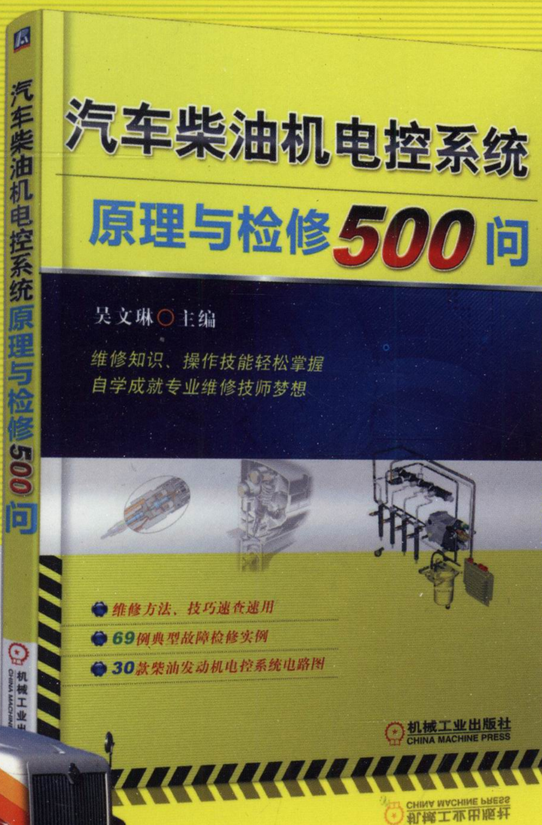


图 9-44　电装高压共轨电控系统电路图（六缸机）

参考文献

[1] 吴文琳. 新款汽车万用表检测速查手册 [M]. 北京：机械工业出版社，2011.
[2] 魏建秋，等. 图解车用新型柴油机结构与维修 [M]. 北京：机械工业出版社，2012.
[3] 赵培全，等. 车用柴油机电控技术 [M]. 北京：机械工业出版社，2012.
[4] 扈佩令. 电控柴油机发动机原理与维修 [M]. 北京：北京理工大学出版社，2011.
[5] 母忠林，等. 柴油机电控系统原理与故障检修 [M]. 北京：机械工业出版社，2011.
[6] 栾琪文. 汽车电控柴油机结构原理与维修 [M]. 北京：机械工业出版社，2006.
[7] 张西振，等. 汽车柴油机电控技术 [M]. 北京：人民交通出版社，2007.
[8] 鲁植雄，等. 汽车电控柴油机故障诊断 [M]. 南京：江苏科学技术出版社，2007.





地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 交通运输 / 汽车维修

ISBN 978-7-111-43254-8

策划编辑◎齐福江 / 封面设计◎陈沛



定价：55.00元